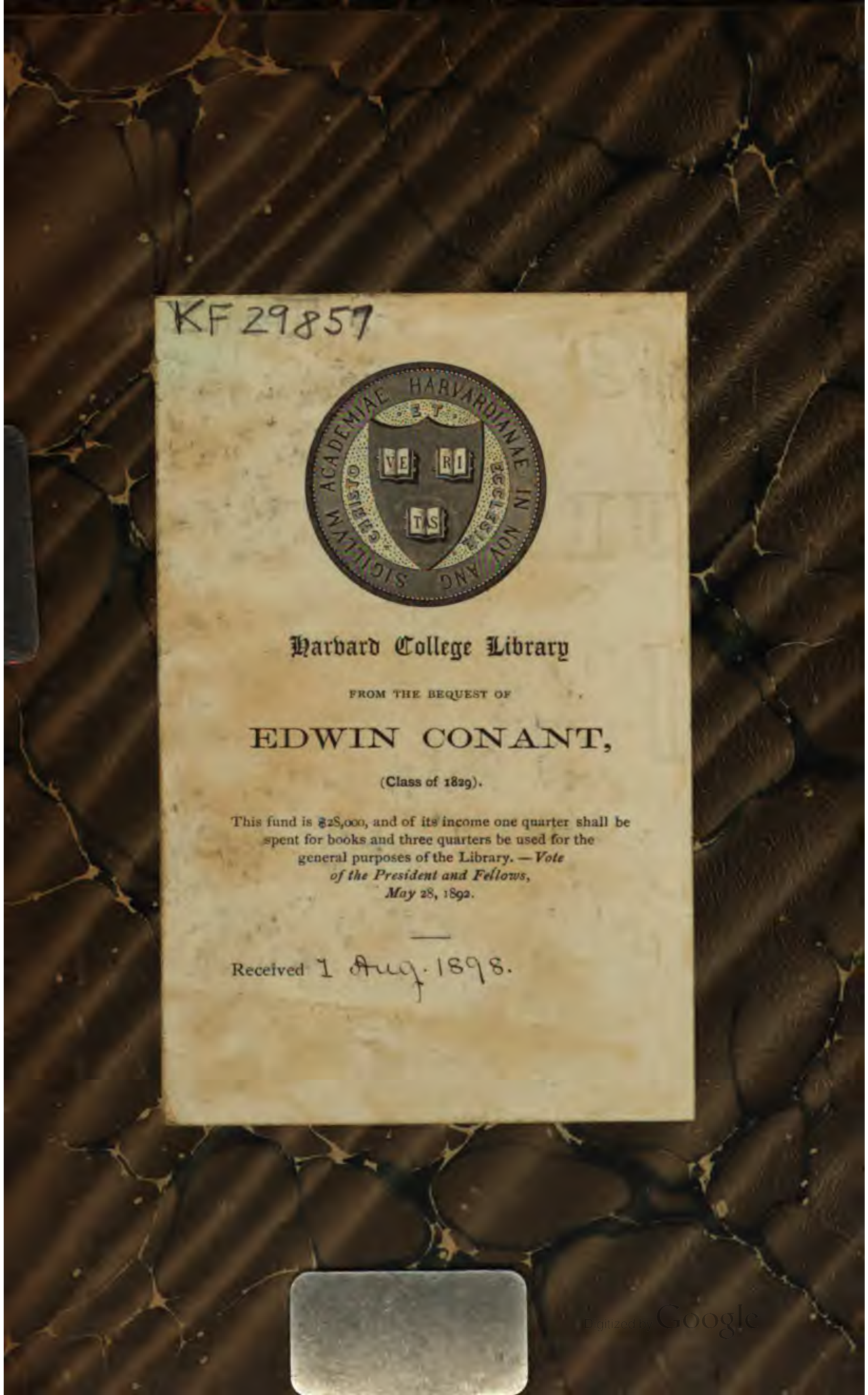

NEDL TRANSFER
HN 2WPH U





PRODUCTION ARTIFICIELLE

DES

MONSTRUOSITÉS

GRAND-MONTROUGE. — IMPRIMERIE PAUL SCHMIDT, 5, AVENUE VERDIER.

RECHERCHES

SUR

LA PRODUCTION ARTIFICIELLE

DES

MONSTRUOSITÉS

OU

ESSAIS DE TÉRATOGÉNIE EXPÉRIMENTALE

PAR

M. CAMILLE DARESTE

DOCTEUR ÈS SCIENCES ET EN MÉDECINE
ANCIEN PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE LILLE
DIRECTEUR DU LABORATOIRE DE TÉRATOLOGIE A L'ÉCOLE DES HAUTES-ÉTUDES
LAURÉAT DE L'INSTITUT
(Prix Alhumbert, 1862. — Prix Lacaze, 1877. — Prix Serres, 1890)

Ἔστι γὰρ τὸ τέρας παρὰ φύσιν τι, παρὰ φύσιν δ'οὐ πᾶσαν, ἀλλὰ τὴν ὡς ἐπὶ τὸ πολύ. Παρὰ γὰρ τὴν ἀεὶ καὶ τὴν ἐξ ἀνάγκης, οὐδὲν γίνεται παρὰ φύσιν, ἀλλὰ ἐν τοῖς ὡς ἐπὶ τὸ πολὺ μὲν οὕτω γενομένοις, ἐνδεχομένοις δὲ καὶ ἄλλως.

ARISTOTE, Περὶ ζώων γενέσεως, IV, 4.

DEUXIÈME ÉDITION REVUE ET AUGMENTÉE

Ornée de 62 figures intercalées dans le texte et de 16 planches chromolithographiques.

PARIS

C. REINWALD & Cie, LIBRAIRES-ÉDITEURS

15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

1891

A LA MÉMOIRE

DES DEUX FONDATEURS DE LA TÉRATOLOGIE

ÉTIENNE ET ISIDORE GEOFFROY SAINT-HILAIRE

HOMMAGE D'ADMIRATION ET DE RESPECT

CAMILLE DARESTE

PRÉFACE

La première édition de ce livre a paru en 1877.

Dans les quatorze années qui se sont écoulées depuis cette époque, j'ai continué sans interruption mes expériences sur la tératogénie, et j'ai recueilli un nombre considérable de faits nouveaux. J'ai pu, à leur aide, compléter sur bien des points les résultats de mes premières études; mais je n'ai rien à changer aux conclusions générales que j'en avais tirées. Dans ces conditions, je crois devoir publier une nouvelle édition de mon livre, en remplaçant par des développements plus ou moins étendus les simples indications dont j'avais dû souvent me contenter dans la première édition.

Le but que je me suis proposé est la production artificielle des monstruosités ou, d'une manière plus générale, des déviations du type spécifique, et l'étude, à l'aide de ces éléments, de l'évolution des diverses anomalies. Pour ne pas étendre indéfiniment le cercle de mes recherches, je me suis borné à une seule espèce. Les œufs de poule, que l'on peut se procurer en nombre aussi considérable que l'on veut, se prêtent avec la plus grande facilité à l'étude de l'évolution normale et de l'évolution tératologique. L'incubation artificielle, que l'on peut employer aujourd'hui

d'une manière scientifique, permet de faire des expériences absolument impossibles dans l'incubation naturelle.

On verra plus tard comment les résultats que j'ai obtenus, par l'étude d'une seule espèce, s'appliquent en réalité à tout l'embranchement des animaux vertébrés.

La première partie du livre contient l'exposition des différentes méthodes que j'ai employées pour la production des anomalies, et qui consistent toutes dans une modification peu considérable des conditions physiologiques ou physiques de l'évolution normale de l'embryon. Mais ces conditions, sur lesquelles on ne possédait que quelques notions empiriques, étaient très imparfaitement connues. J'ai dû les déterminer par de nombreuses expériences. C'est le premier essai scientifique tenté pour établir, sur des données précises, l'influence du milieu sur l'évolution de l'organisme animal.

La seconde et la troisième parties du livre contiennent la tératogénie, c'est à dire l'évolution des anomalies. Je fais connaître, dans la seconde, les conditions générales de cette évolution; dans la troisième, les conditions spéciales de l'évolution de chaque type en particulier. Avant mes recherches on ne possédait, sur cette question, que des notions entièrement conjecturales, provenant de la combinaison des notions de la tératologie avec celles que fournit l'embryogénie normale. J'ai établi la Tératogénie sur la base désormais inébranlable de l'observation directe des faits, et j'ai ainsi créé, de toutes pièces, une branche entièrement nouvelle de la Biologie.

Il y a, toutefois, une lacune dans cette partie de mes recherches. Je n'ai pu, jusqu'à présent, produire les simples *variétés*, c'est-à-dire les anomalies les plus légères, qui sont, le plus souvent, compatibles avec la vie et l'exercice des fonctions génératrices. Et cependant la production artificielle des variétés aurait aujourd'hui un immense intérêt, car la transmission héréditaire de leurs caractères est le point de départ de la formation des races;

elle permettrait d'appliquer la méthode expérimentale à l'étude du problème fondamental des sciences naturelles, celui de l'origine des formes sous lesquelles la vie se manifeste. Il semble, au premier abord, qu'en diminuant l'intensité des causes tératogéniques, on doit arriver à diminuer, si l'on peut parler ainsi, l'intensité des anomalies elles-mêmes et à obtenir des variétés, c'est-à-dire les déviations les plus légères du type spécifique. Mais la poule, qui m'a servi si utilement dans toute une partie de mes recherches, ne se prête que très difficilement à cet ordre d'expériences. Le type de cette espèce, très anciennement domestiquée, est aujourd'hui tellement diversifié que l'expérimentateur qui constaterait la formation d'une variété ne pourrait jamais savoir s'il devrait l'attribuer à ses expériences ou à quelque cause physiologique provenant de l'œuf lui-même. Pour aborder cette question avec quelques chances de succès, il faudrait employer les œufs d'une espèce dont le type n'aurait pas varié, c'est-à-dire d'une espèce sauvage, ou d'une espèce de domestication récente. Dans ces conditions l'expérience serait très difficile; car, à l'exception des poules, les oiseaux ne produisent qu'un très petit nombre d'œufs, et, par conséquent, l'expérimentateur aurait souvent beaucoup de peine à se procurer les matériaux de ses études.

L'étude expérimentale de la formation des races, qui devrait porter sur un certain nombre de générations, exigerait d'ailleurs des locaux spécialement adaptés à l'élève des animaux. C'est une condition qui m'a toujours fait défaut.

J'ai donc été contraint de renoncer provisoirement à ce travail, auquel je m'étais préparé par les études de toute ma vie, et je crains de ne pouvoir jamais l'entreprendre. Je ne puis donc aujourd'hui que faire des vœux pour que des naturalistes plus favorisés que moi reprennent ces recherches dans des conditions qui leur permettraient de les faire aboutir. Je serais heureux si cet appel pouvait être entendu.

Il me reste, en terminant cette préface, à adresser quelques paroles d'adieu à l'homme intelligent et aimable qui a publié la première édition de ce livre, et commencé la publication de la seconde. M. Reinwald est mort subitement cet hiver. Il vivra toujours dans le souvenir de ceux qui l'ont connu. Pour ma part, je n'oublierai jamais les relations cordiales que j'ai entretenues avec lui pendant ces quinze dernières années, et je tiens à exprimer publiquement les vifs regrets que me fait éprouver une fin si imprévue.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION


Digitized by Google

TROISIÈME PARTIE

TÉRATOGÉNIE SPÉCIALE

RECHERCHES

SUR

LA PRODUCTION ARTIFICIELLE DES MONSTRUOSITÉS

OU ESSAIS DE TÉRATOGÉNIE EXPÉRIMENTALE

INTRODUCTION[1]

I

On appelle *anomalie* toute déviation du type spécifique.

Le nom de *monstruosité* s'applique plus particulièrement à « un ensemble d'anomalies très complexes, très graves, rendant impossible ou difficile l'accomplissement de certaines fonctions, et produisant chez les individus qui en sont affectés une conformation vicieuse très différente de celle que présente ordinairement leur espèce[2]. »

[1] Cette introduction a été écrite en 1876, et distribuée, en tirage à part, à diverses personnes, un an avant la publication de l'ouvrage. Je la reproduis textuellement. Les idées que j'y exprimais alors, sur le but de mes recherches et sur les méthodes expérimentales qui devaient m'y conduire, sont encore celles qui me guident aujourd'hui. On verra plus tard comment je n'ai pu que très incomplètement remplir le programme que je m'étais posé, bien que j'aie travaillé sans interruption pendant les onze années qui se sont écoulées depuis l'apparition de mon livre.

J'ai cru toutefois devoir ajouter à cette introduction quelques notes détaillées, pour expliquer certains points que j'avais indiqués un peu trop brièvement, pour établir nettement la part qui me revient dans la création de la Tératogénie, enfin pour faire connaître les circonstances qui ont constamment ralenti mes travaux, sans qu'elles les aient jamais arrêtés.

[2] Is. Geoffroy-Saint-Hilaire, *Traité de tératologie*, t. I, p. 33 (voir la note A).

II

Les anomalies, et surtout les monstruosités, ont été considérées pendant longtemps comme des faits complètement étrangers à l'ordre naturel et, par conséquent, à la science.

Il y a peu de sujets qui aient autant excité l'imagination des hommes. Comment se produisent ces êtres toujours étranges et souvent hideux? Ce serait assurément un récit intéressant que celui de toutes les explications que l'on inventa pour en rendre compte, d'autant plus qu'elles n'ont pas entièrement disparu, et qu'on les retrouve encore dans les superstitions populaires. Les obscurités et les terreurs, pour parler avec Lucrèce, qui ont pendant si longtemps obsédé notre intelligence, n'ont pas encore été complètement dissipées par la connaissance de la nature et par la raison [1]. Mais ici je dois rester sur le terrain de la science; je laisse à d'autres le soin de raconter l'histoire, si curieuse pourtant, des aberrations de l'esprit humain [2].

III

La Grèce est la patrie de la science. Toutes les conceptions que nous créons pour expliquer l'homme et la nature, toutes les théories scientifiques par lesquelles nous cherchons à rendre compte de notre existence et des existences étrangères à la nôtre, des phénomènes qui se passent en nous et hors de nous, ont leur origine dans les écoles de la philosophie grecque. C'est toujours là qu'il faut remonter, quel que soit l'objet de nos études.

On trouve dans une phrase d'Aristote une notion très exacte de la monstruosité, tellement exacte que j'ai pris cette phrase pour épigraphe de mon livre : « La monstruosité est un objet contre nature; ou plutôt non pas absolument contre nature, mais contre ce qui se passe le plus ordinairement dans la nature. Rien ne se produit contrairement à la nature en tant qu'elle est éternelle et nécessaire : cela n'arrive que dans les choses qui se produisent le plus ordinairement

[1] Hunc igitur terrorem animi tenebrasque necesse est
Non radii solis, neque lucida tela diei
Discutiant, sed naturæ species ratioque.

[2] Voir la note B.

d'une certaine façon, mais qui pourraient se produire autrement [1]. »
Cette phrase, malgré son extrême concision, exprime très nettement l'idée que nous nous faisons, que nous devons nous faire de la monstruosité, résultat extraordinaire de causes purement naturelles. La production et l'organisation des monstres sont des questions scientifiques, puisqu'elles doivent s'expliquer par une application particulière des lois générales qui déterminent la production et l'organisation des êtres normaux.

Après Aristote, les écoles philosophiques et particulièrement les écoles stoïcienne et épicurienne formulèrent d'une manière précise l'idée des lois de la nature, lois éternelles et universelles qui régissent d'une manière absolue la manifestation de tous les phénomènes. Les livres de ces écoles sont perdus; mais nous pouvons y suppléer, dans une certaine mesure, par le curieux ouvrage de Cicéron *De divinatione*, dans lequel le grand écrivain romain combat, à leur aide, les superstitions de son temps. Il y développe cette pensée que les prodiges (*ostenta* ou *portenta*) — et les monstres jouaient un grand rôle dans les prodiges — se produisent d'après les lois de la nature, aussi bien que les phénomènes que nous observons tous les jours : « On ne s'étonne pas, dit-il, de ce que l'on voit fréquemment, même quand on ignore comment cela se produit. S'il arrive un fait que l'on n'ait pas encore vu, on le considère comme un prodige. » Et ailleurs : « Tout ce qui a naissance, quel qu'il soit, a nécessairement une cause naturelle; de telle sorte que s'il existe contre la coutume, il ne peut cependant exister contre la nature..... Rien ne peut arriver sans cause; et rien n'arrive qui ne puisse arriver. Et s'il arrive ce qui a pu arriver, cela ne peut pas être considéré comme un prodige. Il n'y a donc pas de prodiges [2]. »

Ces passages de Cicéron ont été admirablement commentés par Montaigne, à propos d'un monstre hétéradelphe qui vivait de son

[1] ARISTOTE, Περὶ ζώων γενεσέως, liv. IV, cap. IV. Ἐστὶ γὰρ τὸ τέρας παρὰ φύσιν τι, παρὰ φύσιν δ'οὐ πᾶσαν, ἀλλὰ τὴν ὡς ἐπὶ τὸ πολύ· παρὰ γὰρ τὴν ἀεὶ καὶ τὴν ἐξ ἀνάγκης, οὐδὲν γίνεται παρὰ φύσιν, ἀλλὰ ἐν τοῖς ὡς ἐπὶ τὸ πολὺ μεν οὕτω γενομένοις, ἐνδεχομένοις δὲ καὶ ἄλλως.

[2] CICÉRON, *De divinatione*. « Quod crebro vidit, non miratur, etiamsi cur fiat, nescit. Quod ante non vidit, id si evenerit, ostentum esse censet. » (Lib. II, cap. XXII.)

« Quidquid oritur, qualecumque est, causam habeat a natura necesse est : ut, etiamsi præter consuetudinem exstiterit, præter naturam tamen non possit existere... Nihil fieri sine causa potest. Nec, si id factum est, quod possit fieri, portentum debet videri. Nulla igitur portenta sunt. » (Lib. II, cap. XXVIII.)

temps : « Ce que nous appelons monstres ne le sont point à Dieu, qui voit dans l'immensité de son ouvrage l'infinité des formes qu'il y a comprises... De sa toute sagesse, il ne part rien que bon, commun et réglé; mais nous n'en voyons pas l'assortiment et la relation... Nous appelons contre nature ce qui advient contre la coutume : rien n'est que selon elle, quel qu'il soit. Que cette raison naturelle et universelle chasse de nous l'erreur et l'étonnement que la nouvelleté nous apporte[1]. » On a souvent cité ces paroles de Montaigne comme entièrement nouvelles; elles ne sont, en réalité, que la doctrine de la philosophie antique.

Fontenelle qui, sous une forme très spirituelle, parfois même trop spirituelle, a si souvent exprimé sur les sciences des idées remarquablement justes, reproduit ainsi la pensée d'Aristote, de Cicéron, de Montaigne : « On regarde communément les monstres comme des jeux de la nature; mais les philosophes sont très persuadés que la nature ne se joue point; qu'elle suit toujours invariablement les mêmes règles, et que tous ses ouvrages sont, pour ainsi dire, également sérieux. Il peut y en avoir d'extraordinaires, mais non pas d'irréguliers; et ce sont même souvent les plus extraordinaires qui donnent le plus d'ouvertures pour découvrir les règles générales où ils sont compris[2]. »

On a formulé, de nos jours, cette pensée d'une manière plus précise, et surtout plus conforme au langage de la science actuelle. Je citerai les deux phrases suivantes : « Au premier coup d'œil, une monstruosité paraît une exception aux lois de la nature; ce n'est cependant qu'une exception aux effets qu'elles produisent ordinairement. Ces lois, toujours immuables comme l'essence des choses dont elles dérivent, ne varient ni pour les temps ni pour les lieux[3]... » — « Il n'y a point de monstres dans la nature, si l'on entend, par ce mot, déviation de la nature à ses règles accoutumées d'action[4]. »

IV

Il a fallu bien des siècles pour que ces idées pénétrassent dans la science. Aujourd'hui c'est un fait accompli. On a fini par reconnaître

[1] MONTAIGNE, *Essais*, liv. II, chap. XXX.
[2] FONTENELLE, *Hist. de l'Académie des sciences*, 1703, p. 28.
[3] LACÉPÈDE, *Hist. nat. des serpents*, chap. *Des serpents monstrueux*.
[4] VERNOIS, *Propositions de philosophie naturelle* terminant une thèse présentée et soutenue à la Faculté de médecine de Paris, le 29 décembre 1837.

que les organisations anormales et monstrueuses sont aussi régulières que les organisations normales bien qu'elles le soient autrement, parce qu'elles sont régies par les mêmes lois; et que, par suite de cette régularité même, elles se rattachent toutes à un certain nombre de types parfaitement définis ou définissables, parce qu'il n'existe en réalité, comme la science le démontre, qu'un certain nombre de déviations possibles du type spécifique.

Ce progrès, préparé depuis la renaissance par les travaux d'un grand nombre d'anatomistes et de physiologistes, a été réalisé, dans notre siècle, par les deux naturalistes français à la mémoire desquels je dédie ce livre, Étienne et Isidore Geoffroy Saint-Hilaire. Nous pouvons dire avec un juste orgueil, que, grâce à leurs mémorables travaux, la science des monstres, ou, comme ils l'ont appelée, la *tératologie*, est une science toute française.

Toutefois cette science est encore incomplète. La distinction des différents types de l'anomalie et de la monstruosité, la connaissance de leur organisation, les relations des différents types entre eux, forment une partie de la tératologie que l'on peut considérer comme à peu près terminée. Les recherches ultérieures y ajouteront quelques faits de détail; elles n'y introduiront pas de changement essentiel[1].

Il n'en est pas de même de cette partie de la science qui recherche l'origine et le mode de formation des monstres ou, comme on le dit, de la *tératogénie*. Ici, avant mes études, presque tout était à faire.

Ce long retard s'explique facilement. La science de l'évolution des êtres anormaux présuppose la science de l'évolution des êtres normaux; en d'autres termes, la tératogénie présuppose l'embryogénie. Or, l'embryogénie est de création toute récente; elle ne date réellement que du siècle dernier, et du grand physiologiste Wolff.

Sans doute on avait, dès l'antiquité, suivi le développement de l'embryon, dans différentes espèces. Il y a, dans la collection des ouvrages attribués à Hippocrate, un curieux livre *sur la Nature de l'enfant*, dans lequel on trouve l'indication d'observations faites jour par jour sur le développement du poulet[2]. Les écrits d'Aristote contiennent des notions fort exactes sur le développement des oiseaux

[1] Du moins pour les animaux vertébrés. La tératologie des animaux invertébrés est encore à faire. Je prouverai cette proposition dans un chapitre de ce livre.

[2] Περὶ φύσιος παίδων.

et sur celui des poissons[1]. A l'époque de la renaissance des études biologiques, Fabrice d'Aquapendente, puis et surtout Harvey, son élève, commencèrent une belle série de recherches embryogéniques. Malheureusement, ce mouvement scientifique fut arrêté dès son début par la doctrine de la préexistence des germes[2].

Il est curieux de voir que cette doctrine, entièrement hypothétique, s'imposa aux intelligences comme la conséquence directe et nécessaire de l'observation.

V

Quand on étudie les graines et les bulbes de certaines plantes, on y voit déjà, même à l'œil nu, mais à l'état de simples rudiments, un certain nombre de parties qui se développeront plus tard. Un médecin de Venise, nommé Aromatari, qui avait été l'ami de Harvey pendant son séjour en Italie, partit de ce fait pour établir que la graine et le bulbe contiennent réellement, et non virtuellement, la plante tout entière. Puis, comparant l'œuf animal à la graine, il ajoutait cette phrase remarquable : « En ce qui concerne les œufs de poule, nous pensons que le poulet est déjà ébauché dans l'œuf avant d'être formé par la poule[3]. »

Ce qui pour Aromatari n'était qu'une hypothèse devint une réalité pour Swammerdam. Ce grand naturaliste appliqua à l'étude de l'organisation le microscope, dont l'invention était toute récente. Il eut ainsi, le premier, la révélation du monde des infiniment petits, et fut frappé d'épouvante à son aspect. Au-delà de ce monde visible, dont il avait reculé si loin les bornes, il apercevait un monde invisible, non moins réel que l'autre, dont l'accès lui restait fermé par l'imperfection des instruments d'optique et la limite du pouvoir amplifiant des lentilles. Mais les découvertes de la science pouvaient reculer indéfiniment cette limite. Et alors, où s'arrêterait l'observateur? Unissant les sentiments religieux les plus exaltés à un amour passionné pour la

[1] Il savait par exemple que les poissons n'ont pas d'allantoïde comme les oiseaux, mais qu'ils possèdent leur sac vitellin. Περὶ ζώων γενέσεως, lib. III, cap. III.

[2] Fabricius, *De formatione ovi pennatorum*, 1638. — Harvey, *Exercitationes de generatione animalium*, 1681.

[3] Aromatari, *Epistola de generatione plantarum*. Venise, 1625. « Quod attinet ad ova gallinarum, existimamus quidem pullum in ovo delineatum esse, antequam formatur a gallina. »

science, Swammerdam voyait donc, à chaque découverte, l'abîme se creuser sous ses pas, cet abîme que Pascal avait entrevu au pont de Neuilly. Comme Pascal, et pour les mêmes causes, Swammerdam mourait prématurément, après avoir vainement cherché dans le mysticisme l'apaisement des troubles de son âme[1].

On ne peut comprendre l'origine de la doctrine de la préexistence des germes que par cette intervention incessante des préoccupations religieuses dans une série, admirable d'ailleurs, de recherches scientifiques[2]. Swammerdam avait d'abord étudié les métamorphoses des insectes, et particulièrement cette curieuse succession de phénomènes qui font de la chenille un papillon. L'animal qui sort de l'œuf, la chenille, n'a aucune ressemblance apparente avec le papillon qui a produit l'œuf. Après avoir vécu, pendant un certain temps, d'une vie active, la chenille se transforme en ce qu'on appelle la chrysalide; c'est-à-dire en un organisme tout à fait différent, formé d'une enveloppe solide dans laquelle on ne rencontre qu'une matière demi-liquide. C'est, en quelque sorte, un second œuf d'où sort plus tard le papillon. Swammerdam reconnut qu'en durcissant la chrysalide par l'immersion dans l'eau chaude ou dans l'alcool, on trouve le papillon déjà tout formé en dedans de la coque. Faisant ensuite de semblables études sur la chenille, il trouvait au-dessous de la peau les indices de six pattes articulées et des ailes du papillon. Ces faits qu'il montrait en 1668 au grand-duc de Toscane, Ferdinand II, en présence de Magalotti et de Thévenot, le conduisirent à penser que la métamorphose n'est qu'une apparence; que le papillon est déjà tout entier dans la chenille, mais caché sous un masque (*larvatus*), et qu'il se manifeste en se dégageant peu à peu des téguments de la chenille et de la chrysalide (*evolutio*) dans lesquelles il est enveloppé (*involutio*). Or, si le papillon est déjà tout entier dans la chenille, c'est qu'il était tout entier dans l'œuf; le papillon femelle contient donc dans ses ovaires des œufs dont chacun contient un papillon entier. Et chacun de ces papillons enfermés dans l'œuf contient d'autres œufs qui contiennent eux-

[1] Voir en tête de la *Biblia naturæ*, la vie de Swammerdam par Boerhaave, admirablement commentée par Michelet, dans l'*Insecte*.

[2] Voir, par exemple, l'*Ebauche de l'histoire des êtres organisés avant leur fécondation*, que Senebier a publiée en tête des *Expériences pour servir à l'histoire de la génération des animaux et des plantes*, de Spallanzani, 1786. L'auteur de cet opuscule, ministre du saint Évangile à Genève, traite d'athées les adversaires de la doctrine de la préexistence des germes.

mêmes d'autres papillons; et ainsi de suite jusqu'à l'infini. L'œuf du papillon contient donc, non pas virtuellement, mais réellement, toutes les générations qui doivent en sortir[1].

Bientôt, Swammerdam étendit à tous les animaux et à l'espèce humaine elle-même cette notion qu'il se faisait de l'œuf des insectes.

Les physiologistes étaient encore sous l'impression de l'étonnement que venaient de causer les grandes découvertes de Harvey sur la génération et sur l'existence générale des œufs chez tous les animaux et même chez tous les êtres vivants. On avait cru jusqu'alors la génération ovipare et la génération vivipare essentiellement différentes. Harvey, étudiant plus complètement des faits qu'Aristote avait vaguement entrevus, venait de prouver que cette distinction n'est qu'apparente. Grâce à la libéralité du roi d'Angleterre Charles Ier, dont il était le médecin, il avait disséqué un grand nombre de biches et de daines provenant des parcs royaux, et trouvé, dans leur cavité utérine, l'embryon enveloppé de membranes tout à fait comparables à celles qui revêtent l'embryon dans l'œuf des oiseaux. L'animal vivipare provient donc d'un œuf comme l'animal ovipare.

Toutefois Harvey, tout en faisant cette grande découverte, ne l'avait pas conduite assez loin pour établir une identité complète entre les phénomènes essentiels de la génération vivipare et ceux de la génération ovipare. Il croyait que, chez les femelles vivipares, l'œuf se produit, dans la cavité utérine, à la suite de l'union des sexes; tandis que, chez les femelles ovipares, l'œuf est évidemment antérieur à la fécondation.

Mais, à l'époque où Swammerdam étudiait les métamorphoses des insectes, un autre anatomiste non moins célèbre, le Danois Stenson, que nous appelons Stenon, qui avait été son ami et son condisciple à l'université de Leyde, faisait, en 1667, à Florence, une découverte capitale, qui changeait complètement l'idée que Harvey s'était faite de la génération vivipare, et la rattachait à la règle générale. Les squales ou chiens de mer sont presque tous vivipares; leur embryon se développe complètement dans un oviducte fort semblable par sa structure, et même par son aspect, aux trompes de Fallope des mammifères. Stenon constata que, si les embryons des squales se développent dans

[1] SWAMMERDAM, *Naturbibel*. Voir le curieux chapitre qui a pour titre : *Het eene Dier in het andere, of der Kapel verborgen binnen in de Reeps* (Un animal dans un autre ou le papillon enveloppé dans la chenille).

l'oviducte, ils ne s'y produisent point[1], mais qu'ils y arrivent sous la forme d'œufs, et que ces œufs proviennent d'organes particuliers tout à fait comparables aux ovaires des oiseaux. Le grand volume de ces œufs rendait la découverte de Stenon tout à fait incontestable. Ainsi, dans certaines femelles vivipares, l'œuf est antérieur à la fécondation, comme chez les femelles ovipares.

Or, le fait n'était-il pas applicable à toutes les femelles vivipares et aux femmes elles-mêmes qui possèdent, dans le voisinage de la matrice, comme on le savait depuis longtemps, des organes particuliers, dont le rôle était encore énigmatique, et que l'on considérait comme analogues aux organes qui produisent l'élément mâle de la génération[2]? Ces organes seraient-ils des ovaires? Il fallait le prouver en y démontrant l'existence des œufs. Stenon, et plusieurs anatomistes de l'université de Leyde, Van Horne, Swammerdam lui-même, Kerckring, Regnier de Graaf, se mirent à l'œuvre et cherchèrent avec ardeur l'œuf dans l'ovaire des femelles des mammifères et dans celui de la femme. On avait rencontré, depuis longtemps, dans ces organes, mais d'une manière accidentelle, de petites vésicules pleines de liquide. Leur nature était ignorée. Les anatomistes de Leyde pensèrent que c'étaient les œufs qu'ils cherchaient, et la priorité de cette prétendue découverte devint pour eux l'objet de débats passionnés. On arrivait ainsi à croire que, chez toutes les femelles vivipares, l'œuf est antérieur à la fécondation, et que, par conséquent, les phénomènes de la génération sont régis, chez tous les animaux, par une même loi. Cette théorie, nous le savons aujourd'hui, bien que fondamentalement vraie, reposait sur des faits erronés. Les vésicules de Graaf que l'on devrait plutôt appeler *vésicules de Stenon*, ne sont point les œufs; elles les contiennent dans une partie de leurs parois, comme cela résulte de la mémorable découverte de Baer en 1827. Mais alors personne ne mit en doute la signification que l'on attribua aux vésicules de Graaf, et l'existence des œufs avant la fécondation chez tous les animaux, assurément vraie, quoique d'une autre manière que le pensaient les anatomistes de Leyde, fut considérée comme définitivement prouvée.

Swammerdam attribua à cette vésicule de l'ovaire des femelles de mammifères, qu'il considérait comme un œuf formé antérieurement à la fécondation, l'organisation merveilleuse qu'il croyait avoir constatée

[1] Stenon, *Myologia*, 1667.
[2] On les a appelés pendant longtemps *testes muliebres*.

dans l'œuf des insectes. Et ainsi, par une combinaison étrange de découvertes réelles, de faits bien observés et mal interprétés, d'hypothèses plus ou moins vraisemblables, naquit dans son esprit la doctrine générale de la préexistence des germes chez les animaux; doctrine qu'il étendit aux plantes elles-mêmes puisque la graine, qui est l'œuf végétal, contient déjà la plante future. « Dans la nature, disait-il, il n'y a pas génération, mais seulement propagation, accroissement des parties et exclusion de tout hasard... On explique ainsi la corruption originelle, puisque tout ce qu'il y a eu d'hommes était déjà enfermé dans les reins d'Adam et d'Ève. Quand ces œufs seront épuisés, l'espèce humaine finira[1]. » Pour l'esprit mystique de Swammerdam, la préexistence des germes devenait un dogme religieux; c'était l'explication physique du péché originel.

Cette doctrine, ainsi ébauchée par Swammerdam, parut bientôt confirmée par les observations d'un autre physiologiste, non moins célèbre. Malpighi avait repris l'étude de la formation du poulet dans l'œuf; il crut voir l'embryon avant l'incubation dans une cicatricule féconde, et il s'imagina qu'il avait vérifié l'hypothèse d'Aromatari sur sa préexistence.

Je me suis demandé comment un observateur aussi habile que Malpighi avait pu commettre une pareille erreur. La lecture de son mémoire, et l'examen de la figure qu'il a donnée de cette cicatricule, m'ont prouvé, de la manière la plus certaine, que l'œuf étudié par Malpighi, bien qu'il n'eût pas été couvé, avait cependant éprouvé un commencement de développement. Aujourd'hui l'explication de ce fait est bien simple. L'œuf en question avait été pondu la veille. Malpighi nous apprend d'ailleurs qu'il avait fait cette étude à Bologne, au mois d'août et par une très-grande chaleur. Or, mes expériences m'ont appris qu'à une température relativement peu élevée (28° à peu près), l'embryon commence à se développer, mais qu'il périt de très-bonne heure. Évidemment le fait observé par Malpighi était un fait de ce genre. L'observation qu'il avait faite était exacte, mais il en

[1] « Nullus mihi in rerum natura generationi locus est, sed soli propagationi vel incremento partium, ubi casus omnis excludatur... Ipsius etiam originariæ corruptelæ fundamentum... jam inventum esset, cum quidquid est hominum in lumbis Adami et Evæ jam occlusum fuerit; quibus ceu necessarium consequens adjungi posset exhaustis his ovis, humani generis finem adesse. » (SWAMMERDAM, *Miraculum naturæ sive uteri muliebris fabrica,* Leyde, 1772, p. 21.) — Voir aussi *Historia generalis insectorum,* p. 44, 1685.



tirait une conséquence fausse, parce qu'il ignorait l'existence d'une condition physique qui devait produire une cause d'erreur. Combien pourrait-on citer de semblables faits dans l'histoire des sciences d'observation [1] !

Bientôt Malebranche, qui n'était pas seulement un grand philosophe, mais qui suivait avec la plus grande attention le mouvement scientifique de son temps, qui même, nous le savons aujourd'hui, employait l'incubation artificielle pour suivre l'évolution du poulet [2], développa

[1] Malpighi, *De formatione pulli in ovo*, 1672, p. 12.

« In ovis pridie editis et nondum incubatis (ut elapso augusti mense, magno vigente calore, observabam) cicatricula magnitudinem habebat A, hic a me ruditer delineatam. In cujus centro sacculus cinerei coloris, interdum ovalis B, quandoque alterius figuræ deprehendebatur. — In sacculo postea velut in amnio, dum solis radiis illum objiciebam, inclusum fœtum L animadvertebam, cujus caput cum appensæ carinæ staminibus patenter emergebat ; amnii enim rara et diaphana contextura frequenter translucebat, ita ut contentum appareret animal. Sæpius acus acie folliculum aperiebam, ut contentum animal in lucem prodiret, incassum tamen : ita enim mucosa erant adeoque minima, ut levi ictu singula lacerarentur. Quæ pulli stamina in ovo præexistere, altioremque originem nacta esse fateri convenit, haud dispari ritu ac in plantarum ovis. »

Les dimensions de la cicatricule observée prouvent évidemment qu'elle avait subi l'influence de l'incubation. Quant au prétendu *amnios* observé par Malpighi, ce n'était que l'espèce de sac formé par l'écartement du feuillet séreux et du feuillet muqueux lorsque l'embryon a péri de bonne heure. C'est un fait que j'ai souvent observé.

Wolff avait déjà supposé que l'observation de Malpighi devait tenir à l'action de la chaleur; mais il n'avait pas remarqué que la formation du blastoderme, dans cette observation, indiquait nettement un commencement d'évolution. Voir le mémoire de Wolff, *De formatione intestinorum*, dans les *Novi commentarii Petropolitani*, 1763, t. XII, p. 432.

Il est curieux de voir que dans un second mémoire sur la formation du poulet, Malpighi, décrivant et figurant des cicatricules non développées, et qui n'avaient, comme il le dit, que le diamètre d'une lentille, crut y retrouver encore les rudiments de l'embyron. Cette fois il faisait ces observations au mois de février 1672; et par conséquent les œufs qu'il observait n'avaient pas été le siège d'un commencement d'évolution. Telle est la puissance des idées préconçues sur les meilleurs esprits ! Comment se fait-il cependant que la différence de diamètre des cicatricules observées pendant l'hiver et pendant l'été ne l'ait pas mis sur la voie ? Voir son mémoire intitulé : *Appendix repetitas auctasque de ovo incubato observationes continens*, octobre 1672.

[2] Voici une lettre du P. Daniel, récollet, au P. Poisson, supérieur de Vendôme, publiée par l'abbé Blampignon dans son livre sur Malebranche.

« Orléans, 16 avril 1670.

« Monsieur et révérend père, le R. P. de Malebranche m'a fait l'honneur de m'écrire qu'il a présentement un fourneau où il fait couver des œufs, et qu'il en a déjà ouvert dans lesquels il a vu le cœur formé et battant, avec quelques artères... »

cette doctrine dans son célèbre livre de *la Recherche de la vérité*, et lui donna une sorte de consécration[1].

Ainsi, l'origine des êtres vivants n'était plus un fait naturel; c'était un fait surnaturel, placé en dehors et au-dessus de la science; en d'autres termes, un véritable miracle.

La doctrine de la préexistence, entrant ainsi dans la science avec l'autorité des plus grands noms de la physiologie et de la métaphysique, fut acceptée sans contestation. Elle a persisté presque jusqu'à nos jours. Cuvier lui-même, après de longues hésitations, s'y ralliait à la fin de sa carrière. « La vie ne peut s'allumer, disait-il, que dans des organisations toutes préparées; et les méditations les plus profondes comme les observations les plus délicates n'aboutissent qu'au mystère de la préexistence des germes[2]. »

Nous pouvons dire aujourd'hui que cette doctrine, qui reléguait le problème de l'origine des êtres vivants dans une région inaccessible à la science, a exercé la plus funeste influence sur toutes les branches de la biologie, dont elle entravait l'essor en supprimant toutes les grandes questions. Pour ses adeptes, la physiologie se réduit à l'étude du jeu de la machine vivante, et l'histoire naturelle à la description des formes spécifiques, absolument invariables puisqu'elles résultent uniquement d'un acte primitif de la puissance créatrice. Quant à l'embryogénie, elle n'existe point, puisque, dans l'évolution, tout se borne à l'augmentation de volume de parties préexistantes. Ainsi la science était enfermée dans un cercle étroit. Toute tentative pour en sortir était une déception, presque une impiété.

Je me borne à signaler les conséquences générales de cette doctrine. Ici, nous ne devons nous occuper que de son influence sur la tératogénie.

VI

Comment concevoir l'origine des monstres dans une pareille doctrine?

On peut l'expliquer tout d'abord par l'altération consécutive d'un être primitivement parfait. Swammerdam l'indique quelque part : il

[1] MALEBRANCHE, *Recherche de la vérité*. 1672, lib. I, cap. VI, part. 1. Voir aussi les *Entretiens sur la métaphysique*.

[2] CUVIER, *Règne animal*, 1re éd., t. I, p. 20, 1817.

attribue la formation des monstres à une modification du germe produite au moment de la fécondation[1]. Malebranche admet également que la formation des monstres est due à l'action des lois de la nature, ou, comme on le disait alors, *des causes secondes* venant modifier la direction naturelle de l'accroissement. « Les corps organisés, disait-il, dépendent de la première construction de ceux dont ils naissent; et il y a bien de l'apparence qu'ils ont été formés dès la création du monde, non pas néanmoins tels qu'ils paraissent à nos yeux, et qu'ils ne reçoivent plus, par le temps, que l'accroissement qui les rend visibles. Néanmoins, il est certain qu'ils ne reçoivent cet accroissement que par les lois générales de la nature, selon lesquelles tous les autres corps sont formés, ce qui fait que leur accroissement n'est pas toujours régulier et qu'il s'en engendre de monstrueux[2]. »

Mais il est clair que, dans cette manière de concevoir l'origine des monstres, Swammerdam et Malebranche reculaient devant une des conséquences nécessaires de la doctrine de la préexistence des germes. S'il n'y a point de génération, pour parler avec Swammerdam; si l'évolution d'un être vivant consiste uniquement dans l'accroissement de parties préexistant dans un état rudimentaire, et non dans la formation successive de parties nouvelles, pourquoi n'étendrait-on pas cette manière de voir aux monstres eux-mêmes? Pourquoi n'admettrait-on pas que les monstruosités, elles aussi, *préexistent;* qu'il y a des germes originairement monstrueux, comme il y a des germes originairement normaux? Mais, s'il en est ainsi, les monstres seraient l'ouvrage immédiat du créateur. Peut-on admettre que la sagesse infinie aurait créé des êtres imparfaits et privés de certaines conditions de viabilité? Swammerdam et Malebranche ne pouvaient le

[1] SWAMMERDAM, *Historia generalis insectorum*, p. 46. « Facile intelligis, ex vitiosa et deformi typorum combinatione oriri monstra; facile intelligis ex defectu aut corruptione hujus illius typi, partis istius corruptionem oriri aut defectum, cujus deest, corruptus ve est typus. » Cette phrase, que je cite dans le mauvais latin du traducteur, serait par elle-même peu compréhensible. Mais je dois rappeler d'abord que ce qui est ici désigné sous le nom de *type*, c'est l'organisation primitive de l'embryon; ensuite que Swammerdam explique un peu plus haut que dans la fécondation il y a combinaison des deux semences masculine et féminine, qui toutes les deux contiendraient un germe préexistant. On ne trouve, du reste, dans les écrits de Swammerdam, aucun autre passage faisant allusion aux germes qui seraient contenus dans l'élément mâle de la génération.

[2] MALEBRANCHE, *Eclaircissements sur le sixième livre de la Recherche de la vérité.*



croire. Mais un autre philosophe, Régis, qui s'était fait, sur ce point, comme sur beaucoup d'autres, le contradicteur de Malebranche, accepta complètement cette conséquence singulière de la doctrine : « Rien ne nous empêche, disait-il, de croire que les germes des monstres ont été produits au commencement, comme ceux des animaux parfaits, et que la génération ne fait pas autre chose à leur égard que de les rendre plus propres à croître d'une manière sensible, sans qu'il importe de dire que Dieu ne peut être l'auteur des monstres, et qu'il le serait néanmoins si les germes des monstres étaient depuis le commencement; car il est aisé de répondre qu'il n'y a rien dans le monde, hormis le mal moral, dont Dieu ne soit l'auteur, et qu'il ne produise lui-même, très positivement, quoique librement[1]. » Toutefois, Régis n'admettait pas cette proposition comme générale; il ne la considérait que comme applicable à certains cas particuliers.

Telle qu'elle se posait, entre Malebranche et Régis, la question de l'origine des monstres était donc une question toute métaphysique qui pouvait se formuler en ces termes : Dieu est-il l'auteur des monstres? Malebranche se refusait à l'admettre. Régis pensait, au contraire, que si les êtres normaux démontrent la sagesse infinie, les monstres démontrent la puissance infinie du Créateur. Mais bientôt la question descendit de ces hauteurs dans le domaine des faits.

VII

La première idée que suggère la vue des monstres est celle de l'irrégularité et du désordre. Mais lorsque, dans les dernières années du dix-septième siècle, on commença à les soumettre à l'observation anatomique, on reconnut bientôt que leur organisation est aussi régulière que celle des êtres normaux, quoique d'une autre façon. Ce n'est point le désordre, c'est un ordre nouveau. C'est là, je l'ai dit plus haut, le point de départ de la constitution scientifique de la tératologie.

Comment expliquer cette régularité des êtres monstrueux dans la doctrine de la préexistence des germes? Sans doute, on pouvait supposer que des accidents, des causes fortuites, intervenant au moment de la fécondation, comme le pensait Swammerdam, ou postérieurement à cet acte physiologique, comme le pensait Malebranche, auraient, dans une certaine mesure, modifié la forme, la structure, la grandeur, la

[1] Régis, *Système de philosophie*, t. III, lib. VIII, part. 1, cap. IX.

position d'organes préexistants. Mais les faits tératologiques où ces explications peuvent paraître vraisemblables sont très restreints. Il était impossible de comprendre comment des causes accidentelles auraient détruit partiellement un arrangement primitif pour y substituer un autre arrangement; comment elles auraient établi des connexions insolites des organes, et, par exemple, de nouveaux embranchements vasculaires, de nouvelles insertions des muscles. Il était impossible de comprendre comment des causes accidentelles auraient fait apparaître des organes qui n'existent point dans l'état normal. L'organisation des monstres doubles en particulier présente, à cet égard, des difficultés inextricables. Chez eux, l'existence, sur le plan d'union, d'organes appartenant par moitié à chacun des sujets composants, et pourvus de muscles, de nerfs, de vaisseaux dont l'arrangement est quelque chose de nouveau, ne pouvait être comprise autrement que comme un fait primitif. Tous ces faits, absolument inexplicables par la modification d'un état originel, conduisaient les anatomistes à adopter l'opinion de Régis sur l'existence des germes primitivement monstrueux, ou, en d'autres termes, sur la préexistence des monstres.

On trouve cette pensée exprimée pour la première fois par Duverney dans un mémoire publié en 1706. Ce célèbre anatomiste décrivait l'organisation d'un monstre double appartenant au type des Ischiopages, dans lequel deux embryons sont unis par la partie postérieure de leurs troncs. On avait jusqu'alors considéré les monstres doubles comme résultant de la soudure de deux embryons primitivement distincts. Duverney découvrait des faits étranges, des conformations organiques encore inconnues et dont on ne pouvait rendre compte par de simples faits accidentels d'adhérence et de soudure. Il concluait de ses observations qu'une pareille organisation ne pouvait être qu'originelle. « Si cette conformation, disait-il, ne venait que de l'union de deux œufs et d'une espèce de rencontre fortuite, il faudrait qu'elle eût été fort heureuse... Tout y est d'un dessin conduit par une intelligence libre dans sa fin, toute-puissante dans l'exécution, et toujours sage et arrangée dans les moyens qu'elle emploie. Dans ce monstre, l'intelligence dont je parle a voulu produire deux corps humains joints ensemble... On ne peut se dispenser de supposer cette volonté, puisqu'on en voit si clairement l'exécution [1]. » Ainsi Duverney admettait, au moins dans un cas particulier, le fait de la préexistence des monstres.

[1] DUVERNEY, *Observations sur deux enfants joints ensemble*, dans les *Mémoires de l'Académie des sciences*, 1706.



Quelques années après, une discussion célèbre qui s'éleva dans le sein de l'Académie des sciences de Paris eut pour résultat d'étendre et de généraliser cette doctrine.

En 1724, un membre de cette Société, Lémery, faisant la dissection d'un monstre double appartenant au type de la dérodymie, c'est-à-dire qui présentait deux têtes portées sur un tronc unique au moins en apparence, chercha à prouver que ce monstre n'était point originairement tel, et qu'il résultait de la fusion de deux embryons bien conformés. Duverney annonça qu'il combattrait cette opinion; la mort l'empêcha d'accomplir son projet. Winslow vint à sa place défendre la doctrine de la monstruosité originelle. La discussion qui s'était produite d'abord à l'occasion d'un fait particulier s'étendit à la tératogénie tout entière; elle dura dix-neuf ans, et ne se termina qu'en 1743 par la mort de Lémery [1].

La question se posa donc tout d'abord à l'occasion des monstres doubles. La pensée qu'un monstre double résulte de l'union et de la fusion plus ou moins complète de deux embryons primitivement distincts naît spontanément dans l'esprit à la vue d'une semblable organisation. Lémery admit que, si deux œufs coexistent dans la matrice, des contractions insolites de cet organe peuvent les appliquer l'un contre l'autre; puis que leur pression réciproque détruit plus ou moins complètement les parties en contact et détermine des adhérences entre les parties qui restent. Il est évident qu'en parlant ainsi, il accumulait les hypothèses les plus invraisemblables; bien qu'il cherchât à les rendre plus admissibles en faisant remarquer que la mollesse et le défaut de consistance des tissus embryonnaires rendaient possibles chez eux des événements physiologiques absolument impossibles lorsque les organes ont acquis leur état définitif. D'ailleurs il n'expliquait en aucune façon la merveilleuse régularité des monstres doubles, régularité telle que, dans certains types, elle paraît même plus grande que celle des êtres normaux. Jamais *les accidents*, comme il disait, ou, en d'autres termes, le hasard, n'auraient pu produire de pareils effets.

L'hypothèse de la formation des monstres par la modification accidentelle d'organisations primitivement normales, était plus facile à soutenir dans le cas des monstruosités simples; car s'il existe des monstruosités simples, la symélie et la cyclopie par exemple, dans

[1] Voir les pièces de cette discussion dans les *Mémoires de l'Académie des sciences* de 1724 à 1743.

lesquelles on observe, comme chez les monstres doubles, des arrangements organiques nouveaux, il en est d'autres chez lesquelles tout se borne à un simple changement dans la forme, la situation ou la structure des organes. Dans ces derniers cas, les causes accidentelles paraissaient plus facilement admissibles. Pour Lémery, ces causes accidentelles étaient des actes purement mécaniques, et particulièrement des pressions. Mais à la même époque, plusieurs médecins cherchèrent dans des événements de l'ordre physiologique les causes accidentelles des monstruosités. Les maladies ont souvent pour effet de modifier la structure des organes. Mais l'embryon lui-même est exposé à des maladies. Pourquoi n'admettrait-on pas que les maladies modifieraient d'une manière encore plus profonde les organes de l'embryon, lorsqu'ils sont encore dans cet état de demi-fluidité qui les caractérise à leurs débuts; que même, dans certains cas, elles détermineraient leur destruction partielle? Ainsi, certaines monstruosités ne seraient que le résultat d'altérations pathologiques. Par exemple, il y a des monstres chez lesquels l'encéphale et la moelle épinière sont remplacés par des poches remplies de sérosité. Un médecin de Montpellier, nommé Marcot[1], essaya, en 1716, d'expliquer un fait de ce genre par la production d'une hydropisie qui aurait détruit la substance nerveuse. Morgagni[2] développa plus tard cette théorie et lui donna une grand extension.

Ainsi le système des accidents, considérés tantôt comme des faits mécaniques, tantôt comme des faits pathologiques, paraissait acceptable dans certains cas; et, dans ces cas, Winslow lui-même ne le rejetait pas. Mais ce système ne pouvait en aucune façon rendre compte de tous ceux où la monstruosité produit un ordre nouveau, c'est-à-dire un arrangement insolite, quoique régulier, des organes. Ici Winslow triomphait sans peine; et Lémery s'épuisait en vains efforts pour le contredire, d'autant plus que, tout médecin qu'il était, il était loin de posséder la science anatomique de son adversaire. Il arriva même un moment où les réponses lui manquèrent. Ce fut lorsque Winslow lui objecta le fait si curieux de l'inversion des viscères, où l'arrangement des organes est absolument le même que dans l'état normal, mais où il est renversé; où le cœur et l'estomac occupent le côté droit, tandis

[1] Marcot, *Mémoire sur un enfant monstrueux*, dans les *Mém. de l'Acad. des sc.*, 1716, p. 329.

[2] Morgagni, *Epistola anatomica* XX, 56, dans les *Opera posthuma Valsalvæ*, 1740. Voir aussi *De sedibus et causis morborum*, passim.

que le foie occupe le côté gauche. Tout ce que Lémery put dire, c'est que les êtres affectés d'inversion des viscères ne sont pas des monstres.

Et cependant Lémery avait raison. Il avait entrevu la vérité; mais il n'avait fait que l'entrevoir, arrêté qu'il était par la doctrine de la préexistence des germes. Nous pouvons dire aujourd'hui que les monstruosités résultent toujours de l'action de causes accidentelles, causes qui ne modifient point l'organisation toute faite, mais qui la modifient pendant qu'elle se produit, en donnant une direction différente aux phénomènes de l'évolution.

Mais alors l'existence de germes originellement monstrueux paraissait seule capable d'expliquer le plus grand nombre des faits tératologiques. Aussi les contemporains donnèrent-ils généralement gain de cause à Winslow, et, à leur tête, Haller lui-même. Ce grand physiologiste, coordonnant et commentant dans son traité *De monstris*[1] tous les cas d'anomalies et de monstruosités décrits et figurés dans les recueils scientifiques de son temps, les explique, pour la plupart, par le fait de la monstruosité originelle. Dans un petit nombre seulement, il fait intervenir les causes accidentelles qu'il attribue soit à des actions mécaniques, soit à des phénomènes pathologiques.

La doctrine de la préexistence des germes supprimait donc complètement la tératogénie, comme elle supprimait l'embryogénie elle-même. Or, bien que cette doctrine soit généralement abandonnée, son influence persiste encore. En France, l'embryogénie, surtout celle des animaux supérieurs, est à peine connue. On compterait facilement le nombre des personnes qui l'ont un peu étudiée. Il en résulte que la plupart des auteurs qui traitent des questions spéciales de la tératologie en sont encore aux idées de Lémery et de Winslow : de Lémery, lorsque les faits semblent facilement s'expliquer par une cause mécanique ou par une maladie de l'embryon; de Winslow, lorsque ces explications font défaut[2]. La tératologie n'est donc généralement considérée que comme un chapitre de l'anatomie pathologique, c'est-à-dire de cette branche des sciences médicales qui étudie les désordres matériels produits par les maladies. Mais, bien que l'imagination se soit donné pleine carrière pour expliquer les faits tératologiques par des causes mécaniques ou pathologiques, elle rencontre tôt ou tard une barrière infranchissable et se voit, finalement, contrainte d'avouer son impuissance.

[1] HALLER, *Opera minora*, t. III, 1768.
[2] Voir la note C.

VIII

La science, ainsi fatalement arrêtée, ne pouvait reprendre sa marche qu'en rejetant la doctrine de la préexistence. Mais on croyait cette doctrine invariablement établie sur la base de l'observation; l'observation seule pouvait la détruire.

Ce fut l'œuvre d'un physiologiste dont les travaux sont beaucoup trop ignorés en France, Gaspard Frédéric Wolff. Dès le début de sa carrière scientifique, il entreprit de soumettre la doctrine de la préexistence des germes au contrôle de l'observation, en constatant si l'apparition des organes de l'embryon est conforme à ce qu'elle enseigne. La méthode était bien simple. Si l'embryon préexiste, si les organes préexistent complètement formés dans l'embryon, leur absence, au début de l'évolution, n'est qu'apparente; elle tient seulement à leur petitesse excessive qui les dérobe à notre vue, même aidée par les plus forts grossissements du microscope. Quand ils ont acquis l'accroissement qui les rend visibles, on doit les voir complètement formés, composés de toutes leurs parties et possédant leur structure définitive. Au contraire, si les organes, n'existant pas au début, se produisent à une certaine époque, on doit les voir se constituer peu à peu par une adaptation spéciale de certaines parties de la masse embryonnaire primitive. Pour décider entre les deux opinions, Wolff étudia, à ce point de vue, la formation des vaisseaux dans ce que l'on appelle la *figure veineuse* du blastoderme de l'œuf de la poule. Il y a un moment où cet appareil vasculaire n'existe point, un autre où il se manifeste. Comment cela se fait-il ? Wolff, par de nombreuses observations microscopiques, fut conduit à admettre que la substance homogène du blastoderme se liquéfie partiellement, que, par suite de cette liquéfaction partielle, elle se transforme en un amas d'îlots de matière solide, séparés par des espaces vides remplis d'une liquide d'abord incolore, puis coloré en rouge, le sang; puis enfin que ces espaces vides se revêtent de membranes et forment des vaisseaux. Dans cette manière de voir, les vaisseaux ne préexistent point; ils se forment peu à peu par la modification de lacunes creusées dans le blastoderme [1]. Cette explication de la formation de la figure veineuse est généralement adoptée aujourd'hui, bien qu'elle ne soit peut-être pas exacte. Elle fut le pre-

[1] Wolff, *Theoria generationis*, 1759, passim.

mier argument à l'aide duquel Wolff entreprit de battre en brèche la doctrine de la préexistence des germes.

Haller répondit à Wolff. Après avoir, au début de sa carrière, combattu la doctrine de la préexistence, il s'y était rallié et la défendit jusqu'à sa mort, avec la plus grande énergie. Comme Wolff, Haller partit de l'observation directe et de longues études sur l'embryon de la poule. J'ai cherché vainement dans ses ouvrages les motifs de son changement d'opinion sur une question aussi importante. Quand on les étudie attentivement, on voit que le principal argument de Haller contre la doctrine de Wolff, c'est que la transparence et la demi-fluidité des organes dans leur premier état peuvent empêcher qu'on ne les voie. « Vous n'avez pas le droit, disait-il, d'affirmer que certains organes n'existent pas, par cela seul que vous ne les voyez pas. » C'est ainsi qu'il admettait que les vaisseaux existent dans le blastoderme avant que l'on voie la figure veineuse; mais qu'ils ne deviennent visibles que lorsqu'ils laissent entrer le sang, et qu'ils se dessinent sous la forme de lignes rouges [1].

Assurément Wolff aurait pu dire à Haller : « Mais comment pouvez-vous affirmer que des organes existent lorsque vous ne les voyez pas? » Il préféra répondre par des arguments scientifiques tirés de l'observation. Il publia, sous le titre modeste de *De formatione intestinorum* [2], un travail fort remarquable qui ruine complètement la doctrine de la préexistence. Entre autres découvertes, il y prouve, par les faits, que l'intestin se forme par le repli d'une lame qui se détache de la face inférieure de l'embryon; que le repli de cette lame produit une gouttière qui, peu à peu, se ferme dans sa partie inférieure et se transforme en un tube fermé. Ainsi, le tube digestif ne préexiste point; il se constitue par la modification de certaines parties de la subtance embryonnaire, et leur adaptation à certains usages physiologiques. Il en est de même pour toutes les autres parties de l'organisation. Partant de ces faits, Wolff s'élève à des considérations générales sur la formation des systèmes organiques par un procédé semblable à celui de la formation du tube digestif, et sur leur apparition successive [3].

[1] HALLER, *Commentarius de formatione cordis in ovo incubato*, 1765. — *Commentarius de formatione cordis in pullo alter*, etc., 1765, dans les *Opera minora*, t. II. — Voir aussi les *Elementa physiologiæ*, t. VI.

[2] WOLFF, *De formatione intestinorum præcipue, tum et de amnio spurio, aliisque partibus embryonis gallinacei nondum visis*, dans *Novi commentarii Academiæ scientiarum Petropolitanæ*, 1768 et 1769, t. XII et XIII.

[3] WOLFF, *ibid.* « Primum medullare systema producitur quod certam speciem,

Il avait entrevu la distinction des feuillets du blastoderme que Pander démontra en 1817, et qui devint le point de départ des travaux maintenant classiques de Baer, de Ratkhe, et de Remak, travaux qui ont définitivement fondé l'embryogénie du poulet. Ses observations sont tellement exactes, que, si elles ont été souvent complétées, elles n'ont jamais été contredites par celles de ses successeurs. Wolff est donc le créateur de l'embryogénie animale, de même qu'en botanique il est l'auteur de la théorie de la métamorphose de la plante, que Gœthe n'a fait plus tard que développer.

IX

La substitution de la doctrine de Wolff, que l'on appela doctrine de l'*épigenèse*, à celle de la préexistence des germes changeait complètement la notion de la vie. Les partisans de la préexistence ne considéraient la vie que comme le jeu d'une machine produite à l'origine même des choses. Dans les nouvelles idées que Wolff introduisit dans la science, la vie est la cause qui produit la machine elle-même, cette force intérieure que le germe recèle et qui le transforme peu à peu en un animal complet, par une série de créations successives d'organes, créations qui se ralentissent après la naissance, mais ne cessent complètement à aucune période de l'existence. Cette notion renouvelait la biologie tout entière. Ici nous n'avons à voir que ses applications à la science des monstres.

Si l'organisation ne préexiste point dans le germe, il n'existe pas, il ne peut exister de monstruosité originelle. L'anomalie et la monstruosité apparaissent à de certaines époques du développement, par suite d'une modification dans l'évolution d'un organe isolé ou d'un nombre plus ou moins considérable d'organes. Elles sont donc le résultat d'un changement dans la direction de la force qui détermine l'apparition successive et la coordination des diverses parties de l'embryon.

certamve et determinatam figuram præ se fert. Post hoc absolutum massa carnea quam proprie embryonem constituere dicimus, secundum eamdem normam effingitur, quasi secundum animal, quoad externam figuram priori simile ex repetita eadem generationis actione prodiret. Tum tertium systema sanguineum in compertum venit, quod certe... non adeo prioribus dissimile est, quin communis descripta systematum figura facile agnoscatur. Hoc sequitur quartum, viæ cibariæ quæ iterum, ut totum aliquod absolutum et prioribus simile opus referant, secundum eamdem normam effinguntur. » (T. XII, p. 472.)



Ce ne sont plus des faits surnaturels, comme on l'admettait dans la théorie de la monstruosité originelle; mais des faits naturels, et qui, comme tous les faits naturels, rentrent dans le domaine de la science.

La tératogénie ou, en d'autres termes, l'embryogénie des êtres anormaux, doit donc être constituée, comme celle des êtres normaux, par l'étude directe des changements successifs que l'évolution détermine dans l'organisation. A vrai dire, ces deux sciences n'en font qu'une; elles ne sont que des points de vue spéciaux de cette partie de la biologie qui étudie la formation des êtres vivants.

X

Mais les moyens d'étude sont bien différents pour l'embryogénie normale et pour la tératogénie. On peut se procurer, plus ou moins facilement, des embryons normaux dans les espèces communes de chaque classe. Il n'en est pas de même des embryons monstrueux.

Les anomalies, et surtout les monstruosités, sont des faits relativement rares. En outre, lorsqu'elles se produisent, on ne peut, le plus ordinairement, en avoir connaissance qu'au moment de la naissance ou de l'éclosion. Comment aller les chercher dans la matrice des mammifères, ou dans l'œuf des oiseaux, lorsque rien ne peut faire prévoir qu'un embryon quelconque présente dans son organisation une déviation du type spécifique, et qu'avant toute autre considération toutes les probabilités semblent indiquer que l'évolution a suivi son cours normal?

Sans doute, l'emploi de l'observation simple n'est pas absolument impossible en tératogénie. Les embryogénistes ont rencontré de temps en temps des embryons monstrueux en ouvrant les œufs d'oiseaux qu'ils soumettaient à leurs études. Ceux qui ont étudié l'embryogénie des poissons ont même pu quelquefois reconnaître des formes monstrueuses sans briser la coquille transparente de leurs œufs, et suivre, pendant plusieurs jours, leurs transformations successives. Mais ce sont des circonstances très rares et entièrement fortuites. Les faits qu'elles permettent de recueillir sont beaucoup trop peu nombreux pour donner les éléments d'une étude vraiment scientifique.

A défaut de l'observation directe, on a dû se résoudre à chercher l'explication des formes anormales et monstrueuses dans leur comparaison avec les formes normales que l'embryon traverse pendant son

évolution. En d'autres termes, on a cherché à déduire la tératogénie de l'association de la tératologie avec l'embryogénie normale.

Assurément on ne peut blâmer les physiologistes qui, en l'absence de tout autres documents, et dans l'impossibilité de constater directement les faits, ont cherché à les deviner par des considérations purement théoriques. Telle est la nature de l'intelligence humaine qu'elle se sent à l'étroit dans les bornes que la réalité lui impose; impuissante à atteindre la vérité tout entière, et ne pouvant se résigner à la possession de notions certaines mais incomplètes, elle s'élance dans le champ des conjectures, même à la condition de n'y rencontrer que l'erreur. Reconnaissons que si c'est là sa faiblesse, c'est aussi sa grandeur.

Je ne rappellerai pas les nombreuses tentatives que l'on a faites pour constituer ainsi la tératogénie; je les mentionnerai, dans le cours de cet ouvrage, à l'occasion de chaque fait particulier. Pour le moment, je me borne à faire remarquer que ces tentatives n'ont point toutes été vaines, qu'on a souvent pressenti la vérité, et que Meckel, puis Et. Geoffroy Saint-Hilaire en particulier, dans leurs efforts pour déterminer l'inconnue du problème, ont fait souvent preuve d'un véritable génie. Mais n'oublions jamais que l'hypothèse, quelque ingénieuse, quelque vraisemblable qu'elle soit, n'est point la science. Elle peut, elle doit toujours servir de guide; mais elle n'acquiert droit de cité, si l'on peut parler ainsi, que lorsqu'elle est vérifiée par les faits; en d'autres termes, lorsqu'elle cesse d'être hypothèse.

XI

Où donc trouverons-nous les éléments de la tératogénie?

Puisque l'observation directe ne peut les procurer, il faut de toute nécessité, les demander à l'observation provoquée, c'est-à-dire à l'expérience. Si les monstres ne préexistent point, s'ils résultent de causes accidentelles qui modifient le germe lorsqu'il se produit ou lorsqu'il se développe, ne peut-on pas essayer d'obtenir par des procédés artificiels ce que la nature réalise quelquefois, c'est-à-dire de provoquer l'apparition des monstres en modifiant les conditions physiques ou biologiques qui déterminent la production et l'évolution des êtres normaux? Problème étrange et qui semble, à première vue, tout à fait inabordable; qui même, à certaines époques, aurait pu paraître

impie, mais devant lequel la science moderne ne peut ni ne doit reculer.

C'est là d'ailleurs l'œuvre quotidienne des sciences expérimentales. La chimie en offre un remarquable exemple. Elle forme de toutes pièces les corps qu'elle étudie, et trouve dans cette formation les lois qui régissent leur constitution; en d'autres termes, *elle crée son objet*, suivant l'expression d'un des premiers chimistes de notre époque, M. Berthelot. C'est ainsi qu'elle est devenue la science non plus des corps réels, mais de tous les corps possibles. A l'exemple de la chimie, la tératogénie, elle aussi, doit créer son objet; elle ne peut exister qu'à ce prix[1].

[1] « La chimie crée son objet. Cette faculté créatrice, semblable à celle de l'art lui-même, la distingue essentiellement des sciences naturelles et historiques. Ces dernières ont un objet donné d'avance et indépendant de la volonté et de l'action du savant: les relations générales qu'elles peuvent entrevoir ou même établir reposent sur des inductions plus ou moins vraisemblables, parfois même sur de simples conjectures dont il est impossible de poursuivre la vérification au-delà du domaine extérieur des phénomènes observés. Ces sciences ne disposent point de leur objet; aussi sont-elles trop souvent condamnées à une impuissance éternelle dans la recherche de la vérité, ou doivent-elles se contenter d'en posséder quelques fragments épars et souvent incertains.

« Au contraire, les sciences expérimentales ont le pouvoir de réaliser leurs conjectures. Ces conjectures servent elles-mêmes de point de départ pour la recherche des phénomènes propres à les confirmer ou à les détruire; en un mot, elles poursuivent l'étude des lois naturelles, en créant tout un ensemble de phénomènes artificiels qui en sont les conséquences logiques. A cet égard, le procédé des sciences expérimentales n'est pas sans analogie avec celui des sciences mathématiques. Ces deux ordres de connaissances procèdent également par voie de déduction dans la recherche de l'inconnu. Seulement, le raisonnement du mathématicien, fondé sur des données abstraites, conduit à des conclusions abstraites également rigoureuses; tandis que le raisonnement de l'expérimentateur, fondé sur des données réelles toujours imparfaitement connues, conduit à des conclusions réelles qui ne sont point certaines, mais seulement probables, et qui ne peuvent jamais se passer d'une vérification expérimentale. Quoi qu'il en soit, il n'en est pas moins vrai de dire que les sciences expérimentales créent les objets, en conduisant à découvrir par la pensée et à vérifier par l'expérience les lois générales des phénomènes.

« Voilà comment les sciences expérimentales auront à soumettre toutes leurs opinions, toutes leurs hypothèses, à un contrôle décisif en cherchant à les réaliser. Ce qu'elles ont rêvé, elles le manifesteront en acte. » BERTHELOT, *Chimie organique fondée sur la synthèse.* (Préface.)

Tout en admettant la complète exactitude des idées émises par M. Berthelot, je dois faire une réserve relative à ce qu'il dit des sciences naturelles. Là aussi, la science expérimentale crée son objet. C'est ce que prouvent mes expériences de tératogénie. On peut espérer qu'un jour l'expérience ira plus loin. S'il est possible d'aborder la grande question, si controversée aujourd'hui, de l'origine des espèces, c'est la méthode expérimentale qui en fournira la solution.



XII

Mais comment la tératogénie créera-t-elle l'objet de ses recherches? Évidemment, si les germes se produisent et se développent en vertu de lois naturelles, leur production et leur évolution dépendent d'un certain nombre de conditions physiologiques ou physiques; elles doivent, par conséquent, être modifiées par une modification de ces conditions elles-mêmes.

Nous sommes bien loin de connaître encore toutes les conditions extérieures qui concourent à la production du germe et à l'évolution de l'embryon, et, par conséquent, toutes les causes qui peuvent modifier ces phénomènes. Mais il est évident que ces causes, quelque nombreuses qu'elles soient, peuvent être partagées en trois groupes, suivant l'époque où leur action s'exerce.

Elles peuvent modifier l'élément mâle ou l'élément femelle de la génération, avant qu'ils s'unissent pour former un nouvel être; elles peuvent modifier la manière dont s'opère l'union de ces éléments, c'est-à-dire le phénomène de la fécondation; enfin elles peuvent modifier l'évolution du germe fécondé.

Il est évident, tout d'abord, que ces trois groupes de causes modificatrices, si elles sont toutes les trois également efficaces pour déterminer la production des monstruosités, ne sont pas également, et avec la même facilité, accessibles à l'expérimentation.

La biologie, dans son état actuel, ne donne aucun moyen d'agir sur les éléments mâle et femelle de la génération. Mais les progrès de la science sont indéfinis; ils permettront peut-être un jour d'aborder une question qui nous paraît aujourd'hui complètement fermée.

Il est un peu moins difficile de modifier le phénomène de la fécondation, du moins chez les espèces à fécondation extérieure. Le procédé des fécondations artificielles permet peut-être, dans certains cas, de produire des monstres. Mais là encore, dans les conditions actuelles, l'emploi de ce procédé est d'une application très-restreinte[1].

[1] Je dois rappeler ici que la théorie qui rattache la formation des monstres à la fécondation a régné longtemps dans les croyances populaires et même dans les idées scientifiques. Telle est, par exemple, l'opinion qui attribue certains monstres à l'union d'espèces distinctes. On voit encore, dans les écrits du siècle dernier, beaucoup de savants croire à la possibilité d'un accouplement fécond entre

En est-il de même des actions modificatrices qui s'exerceraient sur le germe, postérieurement à la fécondation?

Wolff, tout en combattant la doctrine de la préexistence des germes, et en se séparant sur ce point de Duverney et de Winslow, avait été frappé, comme ces grands anatomistes, de la régularité des formations monstrueuses et des arrangements nouveaux que présentent alors les organes; il se refusait à expliquer ces faits par des causes accidentelles. Considérant la vie comme une force déposée dans le germe, et produisant la succession de phénomènes embryogéniques, il ne pensait pas que le mode d'action de cette force pût être changé par des causes extérieures. Pour que l'évolution embryonnaire fût modifiée, il fallait qu'elle le fût dans la cause qui la détermine, c'est-à-dire par des actions antérieures à la fécondation, ou du moins contemporaines de cet acte physiologique. En d'autres termes, dans la pensée de Wolff, si le germe n'est point originairement monstrueux, il est du moins, dès l'époque de la fécondation, prédisposé à la monstruosité. Wolff s'était contenté d'indiquer cette théorie d'une manière générale [1]. Meckel la reprit, au commencement de ce siècle, et en fit l'application aux différents faits de la tératologie [2]. La conséquence de cette doctrine, c'est qu'au moment de la fécondation le germe est déjà, sinon réellement, du moins virtuellement monstrueux. Toutes les tentatives pour produire des monstres, par des influences agissant postérieurement à la fécondation, seraient donc vaines [3].

des espèces très différentes. Il est triste d'avoir à ajouter que les femmes qui enfantaient des monstres ont été souvent victimes de cette erreur scientifique, et que plusieurs ont payé de leur vie des crimes impossibles. Je lisais naguère dans les écrits de Bartholin, qu'une jeune fille qui avait mis au monde un monstre *à tête de chat* (*Katzenkopfe*, c'est le nom allemand des anencéphales), fut brûlée à Copenhague, en 1683, *ob lasciviorem cum fele jocum*. Et ce grand anatomiste, qui fut l'un des auteurs de la découverte des vaisseaux lymphatiques, parle de ce fait comme de la chose la plus simple. L'accroissement du bien-être matériel de l'humanité par les progrès de la science est devenu aujourd'hui une sorte de lieu commun; quand donc nous parlera-t-on des bienfaits de la science dans l'ordre moral?

[1] Wolff, *De ortu monstrorum*, dans les *Novi commentarii Ac. scient. Petropol.*, t. XVII, p. 560, 1772.

[2] Meckel, *Handbuch der pathologischen Anatomie*, 1812 à 1816. Il est souvent revenu sur ces idées dans ses publications ultérieures.

[3] La théorie tératogénique de Wolff et de Meckel, bien qu'essentiellement différente de celle de Duverney et de Winslow, puisque les derniers admettaient, et que les premiers rejetaient la doctrine de la préexistence des germes, s'y rattache cependant par ce fait qu'elle rejette entièrement l'action des causes extérieures. Il en est résulté qu'on a souvent considéré Wolff et Meckel comme des partisans

Mais il est évident, tout d'abord, que l'objection fondamentale opposée par Wolff à la théorie des causes accidentelles agissant postérieurement à la fécondation, celle qu'il tirait, comme Duverney et Winslow, de la régularité des monstres, cesse d'être fondée lorsqu'on rejette la doctrine de la préexistence des germes. On ne s'explique pas comment Wolff, qui ruina cette doctrine, n'ait pas reconnu cette conséquence de ses travaux. En effet, si l'on ne peut admettre qu'une cause accidentelle détruise un arrangement primitif pour lui substituer un arrangement nouveau, comme le croyait Lémery, cette considération cesse d'être applicable si l'on admet que les causes accidentelles n'ont d'autre effet que de modifier les forces qui déterminent l'évolution même du germe, et produisent peu à peu son état définitif. Il est bien clair que, dans cette hypothèse, les causes modificatrices ne peuvent agir qu'en vertu de certaines lois, et que, par conséquent, l'évolution de l'embryon soumis à l'action de ces causes doit toujours aboutir à une formation régulière bien qu'anormale. C'est ainsi que la régularité des monstres, qui, pour les partisans de la préexistence des germes, est absolument inconciliable avec la doctrine des causes accidentelles, peut s'accorder parfaitement avec cette doctrine, pour les physiologistes qui n'admettent pas la préexistence des germes.

D'ailleurs l'examen, même superficiel, des conditions de l'évolution embryonnaire, semble indiquer l'existence de ces causes modificatrices dont l'action s'exercerait sur le germe fécondé.

Sans doute, l'influence des conditions physiques extérieures sur l'embryon n'est pas immédiatement évidente chez les animaux vivipares, dont le développement s'opère en entier dans la cavité utérine. Mais il n'en est pas de même pour l'embryon des ovipares. Prenons pour exemple l'œuf des oiseaux. Il n'y a rien dans la cicatricule de l'œuf fécondé et pondu qui ressemble à un embryon. La force quelconque, encore inconnue, qui y produira l'embryon, y existe sans doute, mais à l'état latent, tant qu'une cause physique extérieure ne vient pas la mettre en action. On sait que l'œuf fécondé peut rester sans se développer pendant un certain temps, deux ou trois semaines, sans perdre pour cela sa faculté germinative. Pour que la force embryogénique se manifeste, il faut de toute nécessité que l'œuf soit soumis à l'incubation.

de la monstruosité originelle. Meckel et Geoffroy Saint-Hilaire eurent à ce sujet une discussion d'autant plus curieuse qu'évidemment les deux adversaires ne se comprenaient pas. J'y reviendrai dans le cours de ce livre.



L'influence de l'incubation sur la production d'un embryon peut sembler au premier abord tout à fait mystérieuse; mais elle se réduit à l'action d'une certaine température. La poule qui couve n'agit sur l'œuf qu'en lui communiquant la chaleur qu'elle produit : ce qui le prouve, c'est la possibilité de remplacer la chaleur de la poule par celle que l'on produit dans l'incubation artificielle. L'œuf subit d'ailleurs, pendant l'incubation, d'autres influences. La coquille est poreuse et se prête à des échanges de gaz entre les substances qu'elle contient et l'atmosphère. L'air pénètre dans son intérieur; les produits de l'évaporation et de la combustion respiratoire de l'embryon sortent de l'œuf en traversant ses parois.

Tous ces faits qui prouvent que l'évolution de l'embryon est soumise à des conditions physiques, devaient faire penser qu'une modification dans ces conditions physiques modifierait l'évolution elle-même; mais l'expérience, et l'expérience seule, pouvait en donner la démonstration.

XIII

La pensée de modifier un animal en voie de développement paraît s'être produite pour la première fois dans l'esprit de Swammerdam. Ce grand physiologiste, cherchant, dans ses études sur les métamorphoses des insectes, à se rendre compte de toutes les conditions de la transformation des chrysalides en papillons, avait remarqué que les ailes et les pattes de ces animaux présentent fréquemment des anomalies; et, persuadé que ces anomalies tenaient à une métamorphose vicieuse, il avait eu l'idée de les reproduire en soumettant les chrysalides à certaines expériences. Malheureusement, le récit de ces expériences n'a pas été retrouvé dans la collection de ses mémoires que Boerhaave publia en 1737[1].

[1] SWAMMERDAM. « Ulterius (modo otium atque opportunitatem nanciscamur) artificium describemus, quo fieri potest ut alæ monstrosæ vel deformes crescant; variasque præterea proponemus encheireses, tam ad harumce alarum accretionem, quam ad humorum, qui per alarum vasa feruntur, motum attinentes. Tandem etiam indicabimus quomodo in his ipsis alis, pustulæ, tubercula, phlyctenæ et similia excitari possint : imo plura insuper alia adjungemus, inaudita hactenus experimenta curiosa, physicis æque ac medicis haud contemnendos fructus allatura. » (*Biblia naturæ*, p. 552.)

« Facile est intelligere, quamobrem multi papiliones deformes nascantur : quando nimirum eorum membra sub mutationis periodo, haud probe in unum compacta fuerunt, prout frequenter accidit. Imo plus vice simplici videre mihi

Il est assurément fort regrettable que ces expériences de Swammerdam soient complètement perdues pour nous. Ce grand naturaliste qui, dans sa vie trop courte, découvrit tant de choses et souleva tant de questions, avait certainement fait, dans ce domaine, d'importantes découvertes, bien que la doctrine de la préexistence des germes, dont il est l'auteur, l'ait probablement empêché d'en tirer toutes les conséquences. Toutefois, les insectes appartiennent à un type tellement différent de celui des animaux vertébrés, que ces expériences ne pouvaient s'appliquer que très incomplètement à l'explication des monstruosités qui se produisent chez les animaux supérieurs.

XIV

Il fallait donc tenter ces expériences chez les animaux vertébrés. Mais il est évident, avant toute expérimentation, que tous les germes ne se prêtent pas, avec la même facilité, à de pareilles modifications dans les conditions extérieures de l'évolution.

L'embryon des mammifères à placenta, qui se développe entièrement dans la cavité utérine, ne peut évidemment être soumis qu'avec de très grandes difficultés à de semblables recherches, puisqu'on ne peut agir sur lui que par une modification de l'organisme maternel. Je crois toutefois que, même pour les embryons de cette classe, les difficultés ne sont pas insurmontables. Quelques essais que j'ai tentés dans cette voie, il y a quatorze ans, m'ont donné de légitimes espérances. Les conditions défavorables dans lesquelles je me trouvais alors, au point de vue de l'expérimentation, me contraignirent à y renoncer. J'espère pouvoir les reprendre prochainement.

Mais l'embryon des vertébrés ovipares, et, par conséquent, celui de l'oiseau, se prête bien plus facilement à l'expérimentation tératogénique. Chez ces animaux, le germe fécondé et doué par la fécondation de l'aptitude au développement, se sépare complètement de l'organisme maternel ; il en résulte que l'œuf qui le contient peut être soumis à toutes les influences que nous jugeons capables de modifier son développement.

contigit eos ob hunc defectum arefactos interiisse. Id ipsum vero arte, et certa quadam encheiresi quoque effici potest, ut papiliones deformati in lucem proveniant. » (*Ibid.*, p. 557.)

Voir à ce sujet Barthélemy, *Des monstruosités naturelles et provoquées chez les lépidoptères* (*Ann. des sc. nat.*, 5e série, *Zool.*, t. I, p. 225, 1864).

L'évolution des oiseaux, et particulièrement l'évolution du poulet, présente d'ailleurs un autre avantage. Aucune n'est mieux connue, par suite des nombreuses études dont elle a été l'objet. Je pensais même, à l'époque déjà ancienne où j'ai commencé mes recherches, qu'elle pouvait me donner toutes les indications dont j'avais besoin. Mais ici, comme partout, la nature est inépuisable. J'ai reconnu, dans plusieurs circonstances, que les données de l'embryogénie normale étaient insuffisantes; et j'ai dû les compléter, sur certains points, par de nouvelles recherches. Mais, même avec ses imperfections actuelles, l'évolution du poulet a toujours été et restera longtemps encore le type de toutes les recherches d'embryogénie comparée; comme l'anatomie de l'homme, si souvent étudiée par les médecins depuis l'époque de la Renaissance, a été le type de toutes les recherches de l'anatomie comparée. En choisissant l'œuf de la poule pour sujet de mes expériences, je pouvais donc restreindre, dans une proportion très considérable, mes études d'embryogénie normale, pour me consacrer presque exclusivement aux recherches de tératogénie.

L'incubation naturelle se prête assez difficilement à ces sortes d'études. Il y a cependant quelques procédés d'expérimentation tératogénique qu'elle permet d'employer, comme la diminution ou la destruction partielle de la porosité de la coquille. Mais, à défaut de l'incubation naturelle, nous pouvons nous servir de l'incubation artificielle qui, mettant à notre disposition toutes les conditions physiques du développement, nous permet de les faire agir et de les modifier à notre gré. On peut, en effet, par l'emploi de cette méthode, imaginer un nombre presque infini de modifications des causes physiques qui déterminent l'évolution et même faire intervenir, dans certains cas, des causes physiques qui n'agissent point dans l'incubation normale.

Les Égyptiens pratiquent sur une grande échelle et depuis une époque dont la date est inconnue, l'industrie de l'incubation artificielle. Dès la Renaissance, on a souvent tenté de reproduire en Europe les procédés des Égyptiens. Il est inutile de faire le récit de ces diverses tentatives. Je me contente de dire que si, pendant longtemps, ces expériences ont donné des résultats insuffisants, cela tenait, pour une grande part, à l'imperfection des connaissances scientifiques qui ne permettait pas de déterminer exactement les conditions physiques de l'expérimentation. L'invention du thermomètre, celle du chauffage par la circulation de l'eau chaude, enfin celle des régulateurs de la température, ont transformé peu à peu les appareils d'incubation artificielle

en appareils d'expérimentation scientifique qui fonctionnent avec la plus grande précision. De plus, la marche automatique de ces appareils, que l'on peut aujourd'hui très facilement obtenir, supprime presque complètement la surveillance de l'expérimentateur, et annihile la cause peut-être la plus active des insuccès. Il est permis de penser que l'incubation artificielle est actuellement en mesure de déterminer l'évolution et l'éclosion des poulets avec beaucoup plus de certitude que l'incubation naturelle elle-même ; car nous savons que, même sous la poule, il y a beaucoup de poulets qui n'éclosent pas, très probablement par suite de l'inégalité que l'échauffement des œufs présente toujours dans ces conditions.

Mais les perfectionnements des appareils d'incubation artificielle n'ont été complètement réalisés que dans ces dernière années. Aussi, pendant longtemps, les expériences faites pour obtenir des poulets sans l'aide de la poule ne réussissaient que par hasard. Les poulets périssaient fréquemment avant l'éclosion, et quand ils venaient à éclore, ils étaient souvent mal conformés et présentaient diverses anomalies.

Olivier de Serres, le célèbre auteur du *Théâtre d'agriculture*, décrit un appareil d'incubation artificielle qu'il avait vu fonctionner en France, et il ajoute : « Souventes fois advient que les poulets naissent difformes, défectueux ou surabondans en membres, jambes, ailes, crestes, ne pouvant toujours l'artifice imiter la nature[1]. » Quand on recherche dans les annales de la science le récit des expériences d'incubation artificielle tentées pendant le cours du XVII[e] et du XVIII[e] siècle, on y trouve la mention de faits analogues. Telles sont les expériences de Drebell et Heydon, en Angleterre, au commencement du XVII[e] siècle[2] ; celles du grand-duc de Toscane, Ferdinand II, à Florence (1644)[3] ; celles du roi de Danemark, Christian IV (1644)[4] ; celles de Réaumur,

[1] Ol. de SERRES, *Théâtre d'agriculture*, liv. V, chap. II, 1600.

[2] Th. BIRCH, *History of the Royal Society of London*, III, p. 455. « Sir Christopher Heydon, together with Drebell, long since in the Minories hatched several hundred eyes..., but it had this effect, that most of the chickens produced that way were lame and defective, in some part or other. »

[3] ANTINORI, *Storia dell' Academia del Cimento*, Préface, p. 40. « Essi nascevano, ma però in generale mal simetrizzati, e colle membra mal formati, chi pareva in certo modo che cadessero loro da dosso; il secondo o terzo giorno dopo nati cominciava a gonfiar loro stranamente gli occhi e poco dopo morivano. »

[4] Th. BARTHOLIN, *Epistolarum medicarum centuriæ*, 1663 à 1667, cent. IV, hist. 1190; cent. VI, hist. 1. « Ad quadragesimum ferme diem pipientes pulli excluduntur. Nec ad justam magnitudinem unquam perveniunt pulli, ob tenerri-

au milieu du siècle dernier [1]; celles d'Harwood, professeur d'anatomie à Cambridge, au commencement de ce siècle [2].

Ainsi donc, les expériences d'incubation artificielle ont souvent donné naissance à des poulets mal conformés, bien que ces vices de conformation fussent généralement peu graves. Quelquefois seulement on obtenait des poulets dans lesquels un membre faisait plus ou moins défaut. Haller, qui rapporte plusieurs de ces faits, les attribue à l'inhabileté des expérimentateurs [3]. Il serait peut-être plus exact de les attribuer à l'imperfection des appareils et à l'irrégularité de leur marche. Aujourd'hui, avec les perfectionnements qu'on y a introduits, je n'entends pas parler de semblables événements.

Il est bien évident que ces expériences n'avaient jamais été faites dans le but de produire artificiellement des monstres et de réunir les éléments de la tératogénie. Toutefois, il est probable que le souvenir plus ou moins vague de ces faits, et surtout la mention que Haller en fit dans un livre qui acquit une très grande publicité, les *Elementa physiologiæ*, firent naître dans certains esprits la pensée de provoquer la formation des monstres en modifiant les conditions physiques du développement du poulet.

mam corpusculi constitutionem. » Ces faits sont absolument inadmissibles. Dans une autre expérience faite chez le chancelier Christian Thomas, Bartholin dit au contraire : « Citius hic quam sub gallina, excluduntur. »

[1] Réaumur. « On a prétendu qu'il était plus ordinaire aux poulets de naître contrefaits et estropiés dans les fours que sous la poule... Quelquefois, à la vérité, des poulets y éclosent qui ont une jambe ou même leurs deux jambes trop jetées en dehors; mon jardinier les nomme des *crapauds*, et ils sont assez bien nommés, parce qu'ils ne marchent presque que sur le ventre, ayant leurs jambes trop écartées. (*Art de faire éclore*, etc., t. II, p. 219.)

« J'en ai trouvé qui, bien que l'endroit par où était entré le jaune fût bien consolidé, avaient, en dehors de leur corps, des portions d'intestin les unes plus et les autres moins longues. On pourrait croire que ces parties n'avaient pas été renfermées dans la cavité du ventre dans le temps où tout le reste l'avait été, mais il n'en est pas moins probable qu'elles étaient une suite des efforts que le poulet avait faits pour naître, que ses efforts lui avaient coûté une descente; c'est pour lui une maladie considérable qui le fait périr au bout de peu de jours. » (*Ibid*, I, p. 339.)

[2] Paris, *A Memoir on the Physiology of the Egg read before the Linnean Society of London*, the 21 march 1809. « During the period that I was at College, the late sir Busick Harwood, the ingenious professor of anatomy in the University of Cambridge, frequently attempted to develope the egg, by the heat of his hotbed; but he only raised monsters, a result which he attributed to the unsteady application of heat. » (P. 358.)

[3] Haller, *Elementa physiologiæ*, t. VIII, p. 160. « Ex imperitia, ut puto, custodum, sæpe imperfecti prodeunt. »



Je trouve l'indication de ce fait dans la phrase suivante d'un livre fort bizarre publié en 1806 par un médecin nommé Jouard : « Tout le monde connaît les expériences faites sur la manière d'obtenir des monstres à volonté, soit en empêchant l'entier développement, comme on l'a fait sur des poulets produits par l'incubation artificielle, soit en facilitant l'union, l'assemblage des germes, comme on l'a fait sur le frai de poisson[1]. » Mais quelles sont ces expériences? Évidemment, dans la seconde partie de cette phrase, l'auteur fait allusion aux expériences de Jacobi sur la fécondation artificielle, et à la fréquence des monstres doubles observés dans ces expériences. Quant aux monstres produits dans l'incubation artificielle et dont il est question dans la première partie, je n'ai pu recueillir aucune indication précise à leur égard. Tout ce que j'ai pu trouver, c'est que Bonnemain, qui inventa le chauffage par la circulation de l'eau chaude et s'en servit pour l'incubation artificielle, dit avoir produit, en modifiant ses procédés d'incubation, des poulets qui n'auraient eu qu'une patte et une aile. Est-ce là l'expérience à laquelle Jouard fait allusion[2]?

XV

En 1820, la question entra dans une phase nouvelle.

Étienne Geoffroy Saint-Hilaire s'était proposé, dès le début de ses études zoologiques, de démontrer les analogies essentielles qui existent dans l'organisation des animaux vertébrés, ou ce qu'il appelait l'*unité de composition organique*. Après avoir, pendant vingt-cinq ans, cherché à appliquer ses idées aux organismes normaux, il entreprit de prouver que les monstruosités elles-mêmes ne font pas exception à la règle générale. Cela le conduisit à l'étude de la tératologie, dont il est le véritable créateur. Mais une intelligence comme la sienne ne pouvait s'arrêter, si l'on peut parler ainsi, au seuil des questions. Une fois engagé dans ces recherches, Geoffroy Saint-Hilaire devait aller jusqu'au bout, et tout en poursuivant l'étude des formes diverses de la monstruosité, se demander comment elles se produisent. Le procédé le plus

[1] JOUARD, *Des monstruosités et bizarreries de la nature*, t. I, p. 250, 1806. Paris.

[2] BONNEMAIN, *Observations sur l'art de faire éclore et élever la volaille sans le secours des poules*, etc. Paris, 1816, in-8. Cette brochure est postérieure de dix ans à l'ouvrage de Jouard; mais Bonnemain avait fait des expériences d'incubation artificielle au moins dès 1777. Il est donc possible que les expériences tératogéniques dont il parle soient antérieures à la publication de Jouard.

sûr pour découvrir le mode de formation des monstres, c'était évidemment d'en provoquer la production. Dès 1820, c'est-à-dire dès l'année même où il commença ses études tératologiques, il institua des expériences sur la tératogénie.

La pensée de modifier l'organisation vivante en voie de développement n'était pas pour lui chose nouvelle; elle s'était déjà présentée à son esprit, vingt ans auparavant, dans des circonstances très remarquables. C'était pendant l'expédition d'Égypte. Tout en explorant avec une infatigable ardeur ce pays si curieux, alors presque entièrement inconnu; tout en recueillant d'admirables collections qui sont encore aujourd'hui l'une des plus précieuses richesses du Muséum, Geoffroy Saint-Hilaire avait toujours devant l'esprit les grandes questions de l'histoire naturelle, et le problème de la détermination des organes analogues. Mais une difficulté l'arrêtait : comment expliquer, à ce point de vue, les différences qui existent entre les organes de la reproduction dans les deux sexes? Pensant « que les germes de tous les organes que l'on observe dans les différentes familles d'animaux à respiration pulmonaire existent à la fois dans toutes les espèces, et que la cause de la diversité infinie des formes qui sont propres à chacune, et de l'existence de tant d'organes à demi effacés, ou totalement oblitérés, doit se rapporter au développement proportionnellement plus considérable de quelques-uns », Geoffroy Saint-Hilaire supposa que les germes des organes des deux sexes coexistent chez tous les animaux, et même chez tous les êtres vivants; et que, par des causes encore inconnues, il n'y a qu'un seul de ces germes qui se développe. Si cette hypothèse était vraie, on pourrait peut-être déterminer à volonté la production d'un sexe chez un embryon en le soumettant à l'action de causes déterminées.

Mais il fallait pour cela des expériences très difficiles et surtout très coûteuses. Geoffroy Saint-Hilaire fit connaître ses idées à ce sujet dans deux mémoires [1] qu'il lut à l'Institut d'Égypte; il priait cette

[1] Ces mémoires sont restés inédits. On ne les connaît que par ce qu'en a dit Is. Geoffroy Saint-Hilaire dans l'ouvrage qu'il a consacré à son père : *Vie, Doctrine et Travaux scientifiques d'Et. Geoffroy Saint-Hilaire*, p. 137, 286 et 456.

Le petit-fils d'Et. Geoffroy Saint-Hilaire, M. Albert Geoffroy Saint-Hilaire, directeur du Jardin zoologique d'acclimatation, a bien voulu me confier une série de manuscrits de son grand-père, écrits pendant l'expédition d'Égypte. J'y ai trouvé les pièces suivantes : 1° un mémoire ayant pour titre : *Exposition d'un plan d'expériences pour parvenir à la preuve de la coexistence des sexes dans les germes de tous les animaux;* lu à l'Institut d'Égypte le 5 brumaire an IX; 2° un mémoire



compagnie d'intervenir auprès du gouvernement de l'Égypte pour lui faire obtenir les fonds nécessaires à l'accomplissement de ses expériences. Elles étaient extrêmement variées et devaient porter à la fois sur des animaux pris dans les trois classes des mammifères, des oiseaux et des insectes. Mais il reconnut qu'il ne pourrait suivre simultanément des recherches si diverses, et il se restreignit à la classe des oiseaux.

Les œufs d'oiseaux n'ont pas tous la même forme. Dans une même espèce les uns sont plus allongés, les autres plus courts. Une opinion très ancienne rattache ces différences de forme aux différences de sexe[1]. Les œufs plus allongés produiraient des embryons mâles, ceux qui sont plus courts des embryons femelles. Si cette opinion était vraie, les physiologistes devaient y trouver un procédé pour changer les embryons mâles en embryons femelles, et *vice versa*, en changeant la forme des œufs. Geoffroy Saint-Hilaire voulut essayer l'expérience sur une très grande échelle. Mais l'incubation naturelle ne lui paraissait pas propre à la faire réussir d'une manière complète. Il pensa donc à l'incubation artificielle, qu'il voyait pratiquer aux portes du Caire et dont il avait étudié très attentivement les procédés, et demanda l'installation d'un four à incubation, qui lui aurait servi à provoquer le développement de l'embryon, dans des conditions plus ou moins différentes de l'incubation naturelle.

Les événements de la guerre le forcèrent de renoncer à ces expériences[2]. Il les reprit en 1820, pour provoquer la formation des monstres, et découvrir les causes et les lois de leur formation. C'était un premier problème qu'il se proposait. Mais derrière ce problème il en apercevait un autre, beaucoup plus général et bien autrement

ayant pour titre: *Histoire naturelle de l'œuf, servant d'introduction aux expériences annoncées dans la dernière séance à l'égard des oiseaux, entreprises dans la vue d'arriver à des preuves directes de la coexistence des sexes dans les germes de tous les êtres vivants;* lu à l'Institut d'Égypte le 1er frimaire an IX; 3° un certain nombre de notes concernant ces projets d'expérience.

C'est à l'aide de ces précieux documents que j'ai pu me rendre compte de la manière dont Geoffroy Saint-Hilaire fut conduit à ses expériences de tératogénie.

La phrase que je cite dans le texte est tirée du premier de ces mémoires inédits. Elle a été citée par Is. Geoffroy Saint-Hilaire.

[1] On la trouve exprimée dans PLINE : « Ova... feminam edunt quæ rotundiora gignuntur, reliqua marem. » (*Hist. nat.*, X, 74.)

[2] Je n'ai trouvé dans les notes que m'a remises M. Albert Geoffroy Saint-Hilaire aucune mention relative à l'exécution de ces expériences sur les œufs. Mais j'y vois l'indication d'expériences commencées, à l'aide de semis de graines de chanvre et d'épinards sur la formation des sexes dans les plantes dioïques.

difficile, celui de l'origine des formes spécifiques. Les écrits de Lamarck venaient de rappeler l'attention des naturalistes sur la question, souvent soulevée, de l'origine des espèces et de leur formation par la modification de types spécifiques antérieurs. Or, il y a une liaison naturelle entre cette doctrine et celle des analogies essentielles de l'organisation à la démonstration de laquelle Geoffroy Saint-Hilaire avait voué sa vie. Il pensait donc que les expériences sur la production des monstres devaient lui donner les moyens d'appliquer la méthode expérimentale au problème de la formation des espèces. Il le dit très expressément dans un travail dont le titre seul est significatif : *Mémoire où l'on se propose de rechercher dans quels rapports de structure organique et de parenté sont entre eux les animaux des âges historiques et vivant actuellement, et les espèces antédiluviennes et perdues*[1]. En voici quelques passages : « J'avais pensé que quelques expériences de physiologie pourraient être entreprises au profit de questions de géologie antédiluvienne... Je cherchais à entraîner l'organisation dans des voies insolites... Le but secret de mes recherches fut l'examen d'un principe qui domine la plus haute question de l'organisation animale. Ici je parle de la théorie philosophique connue sous le nom de *préexistence des germes*... C'était l'unique moyen de savoir si les organes se sont modifiés, et si, se transformant les uns dans les autres, ils ont, pour ce fait, subi une suite infinie de diversités. Or, j'en vins à croire que l'expérience faite sur une grande échelle pour faire dévier l'organisation de la marche naturelle me donnerait les résultats cherchés. »

[1] Voici l'indication des mémoires de Geoffroy Saint-Hilaire dans lesquels il a consigné les résultats de ces expériences : *Des différents états de pesanteur des œufs au commencement et à la fin de l'incubation*, dans le *Journal complémentaire des sciences médicales*, t. VII, p. 271, 1820. — *Philosophie anatomique*, t. II, p. 509 et suiv., 1822. — *Description d'un monstre humain né avant l'ère chrétienne, et considérations sur le caractère des monstruosités dites anencéphales*, dans les *Ann. des sc. nat.*, t. VI, p. 357, 1825. — *Sur des déviations organiques provoquées et observées dans les établissements d'incubation artificielle*, dans les *Mémoires du Muséum*, t. XIII, p. 289, 1826. — Article MONSTRE, dans le *Dictionnaire classique d'histoire naturelle*, t. XI, p. 121, 1827. — *Des adhérences de l'extérieur du fœtus considérées comme le principal fait occasionnel de la monstruosité*, dans les *Archives générales de médecine*, t. XIV, p. 392, 1827. — *Mémoires où l'on se propose de rechercher quels rapports de structure organique ou de parenté ont entre eux les animaux des âges historiques et vivant actuellement, et les espèces antédiluviennes et perdues*, dans les *Mémoires du Muséum*, t. XVII, p. 209, 1829. Voir aussi CUVIER, *Histoire des progrès des sciences naturelles*, t. IV, p. 227 et suiv. Cuvier a reproduit une note entièrement écrite par Geoffroy Saint-Hilaire.

Geoffroy Saint-Hilaire employa d'abord l'incubation naturelle (1820 et 1822). Mais ce procédé ne comporte que l'emploi d'un nombre très restreint de causes modificatrices. Il n'obtint donc que des résultats insignifiants.

En 1826, il put agir sur une plus vaste échelle à l'aide de l'incubation artificielle. On avait fondé de grands établissements d'incubation artificielle à Auteuil et à Bourg-la-Reine; ils furent mis à la disposition de Geoffroy Saint-Hilaire, qui y fit de nombreuses expériences. Mais ces établissements, dont l'installation très défectueuse ne se prêtait pas mieux à l'expérimentation scientifique qu'à l'exploitation industrielle, n'eurent qu'une très courte existence. Geoffroy Saint-Hilaire fut donc contraint d'abandonner les recherches qu'il avait entreprises, et qui auraient exigé une longue durée.

D'ailleurs, il faut reconnaître que ces recherches étaient, à bien des égards, prématurées. On ne possédait pas alors des connaissances d'embryogénie normale suffisantes pour servir de point de départ à des études de tératogénie. Les travaux de Wolff et de Pander étaient à peine connus en France; ceux de Baer ne furent publiés qu'en 1828. L'embryogénie des monstres manquait donc à cette époque d'une base solide.

Et cependant, malgré ces conditions si défavorables, Geoffroy Saint-Hilaire réussit à produire des monstres. J'ai souvent entendu contester le fait. Cherchant à m'éclairer sur ce point et sachant, par les mémoires de l'illustre naturaliste, qu'il avait conservé les produits de ses expériences, j'ai voulu retrouver ces précieux documents. Je me suis adressé, dans ce but, en 1862, à Fl. Prévost, qui avait été pendant longtemps son collaborateur. Nous avons cherché ces pièces dans un grenier du Muséum, où se trouvaient entassés tous les matériaux qui ont servi à la préparation des grands travaux de son maître. Nous n'avons pu retrouver les pièces elles-mêmes; mais nous avons eu la bonne fortune de mettre la main sur deux planches gravées restées inédites, et sur lesquelles j'ai retrouvé un certain nombre des monstres artificiels qu'il a décrits. L'examen de ces dessins, et leur comparaison avec les mémoires de Geoffroy Saint-Hilaire, ne me laissent aucun doute sur la réussite de ses expériences.

Geoffroy Saint-Hilaire a donc prouvé, contrairement à Wolff et à Meckel, qu'un changement dans les conditions physiques qui déterminent l'évolution peut modifier l'évolution elle-même, et que, par conséquent, les anomalies et les monstruosités ne proviennent pas

uniquement d'une virtualité déposée dans le germe au moment de la fécondation ou antérieurement à cet acte physiologique. Il semblait donc faire revivre la théorie de Lémery sur les causes accidentelles, de même que Wolff et Meckel paraissaient continuer l'œuvre de Duverney et Winslow. Mais la doctrine de Geoffroy Saint-Hilaire ne ressemble qu'en apparence à celle de Lémery; car, pour ce dernier, qui croyait à la préexistence des germes, la monstruosité n'était et ne pouvait être que la modification accidentelle d'un organisme complètement formé, et primitivement normal; tandis que, pour Geoffroy Saint-Hilaire, elle est le produit d'une évolution troublée par des causes extérieures.

Ce travail sur la production artificielle des monstruosités est assurément l'un des plus beaux titres de Geoffroy Saint-Hilaire. Mais ce grand naturaliste se contenta d'ouvrir la voie. Entraîné par cette ardeur de génie qui le portait à la fois vers les questions les plus diverses, il n'avait pas le loisir de suivre patiemment des expériences de longue haleine, et dont le succès exige impérieusement, comme condition première la plus infatigable persévérance. Il avait imaginé la méthode nécessaire pour la création d'une branche nouvelle des sciences biologiques; il laissait à d'autres le soin de l'appliquer.

XVI

Depuis Geoffroy Saint-Hilaire, quelques physiologistes ont signalé le fait de la production des monstres dans l'incubation artificielle.

Prévost et Dumas parlent de ces faits dans leur célèbre travail sur le développement du poulet qu'ils publièrent en 1828, mais en se bornant à une simple indication. Les résultats qu'ils ont obtenus sont, par conséquent, perdus pour la science[1].

[1] PRÉVOST ET DUMAS, *Mémoire sur le développement du poulet dans l'œuf*, dans les *Annales des sciences naturelles*, 1re série, t. XII, p. 417. — DUMAS, art. ŒUF, du *Dictionnaire des sciences naturelles*. — *Rapport sur le mémoire de M. André Jean*, relatif à l'amélioration des races de vers à soie, dans les *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, t. XLIV, p. 296. Prévost, qui reprit plus tard avec Lebert ses recherches sur le développement du poulet, avait, à ce qu'il paraît, entrepris, avec son nouveau collaborateur, des expériences sur la tératogénie. Je lis, dans l'éloge de Prévost par Lebert, la phrase suivante : « Nous avons laissé inachevées des recherches sur la production artificielle des monstruosités chez les animaux. » LEBERT, *Éloge du docteur Prévost de Genève*, dans les *Bulletins de la Société de biologie*, 1re série, t. II, p. 65, 1850.



Allen Thomson, dans un mémoire sur les monstres doubles publié en 1844, dit avoir répété avec succès les expériences de Geoffroy Saint-Hilaire, et obtenu les mêmes résultats; mais il n'entre, à leur égard, dans aucun détail [1].

XVII

Tel était l'état de la question, lorsque j'ai entrepris, il y a vingt-cinq ans, une longue série de recherches, pour répéter les expériences de Geoffroy Saint-Hilaire sur la production artificielle des monstruosités. Travaillant seul et sans aide, et dans les conditions les plus défavorables — à Paris d'abord, avec mes ressources personnelles; plus tard à Lille, avec les ressources tout à fait insuffisantes d'un laboratoire d'une Faculté de province, où tout me manquait, même la place — j'ai dû lutter contre d'innombrables difficultés, et je n'ai pu avancer qu'avec une très grande lenteur. Je suis arrivé, toutefois, à produire artificiellement presque tous les types de la monstruosité simple; et bien que je n'aie pu provoquer la production de la monstruosité double, qui existe virtuellement dans le germe, avant l'époque où je soumets les œufs à l'influence modificatrice, j'ai rencontré un certain nombre de faits de ce genre et recueilli sur leur mode de formation de précieux documents. Opérant sur un nombre d'embryons très considérable, puisque j'ai mis en incubation plus de neuf mille œufs, j'ai produit plusieurs milliers de monstres, et j'ai pu étudier la plupart des types tératologiques à divers moments de leur évolution. J'ai fait disparaître ainsi, par la multiplicité des observations, l'une des difficultés les plus grandes de ces recherches; car l'opacité de la coquille, bien que n'étant pas absolue, ne permet pas de suivre un seul embryon dans ses transformations successives, comme on peut le faire, plus ou moins facilement, pour d'autres œufs, les œufs de poissons, par exemple. J'ai pu d'ailleurs, dans certains cas, combler les lacunes de l'observation par la concordance qui existe entre tous les faits tératologiques. En tératologie, comme l'a déjà fait remarquer Geoffroy Saint-Hilaire, tous les faits se lient et s'enchaînent. Nous pouvons, par conséquent, dans bien des circonstances et avec de très grandes

[1] Allen Thomson, *Remarks on the early condition and probable origin of double monsters*, dans *The London and Edimburg Monthly Journal of Medical science*, 1844, p. 581. Voir la note D.



probabilités, imaginer ce qui a dû avoir lieu, en attendant la connaissance de faits bien observés.

Je n'ai fait servir à mes expériences que les œufs d'une seule espèce. Mes recherches ont cependant une portée beaucoup plus grande qu'on ne le croirait tout d'abord, car elles s'appliquent, je le prouverai, à la tératogénie de tous les animaux vertébrés.

Le livre que je publie aujourd'hui contient la première partie de ces recherches. J'y fais connaître l'évolution de la plupart des types monstrueux, sur laquelle on ne possédait, avant moi, que des données purement hypothétiques. J'ai vérifié, dans certains cas, les conjectures des embryogénistes; dans d'autres, et ce sont les plus nombreux, j'ai découvert des faits entièrement nouveaux, et j'ai pu, par conséquent, résoudre un grand nombre de problèmes sur lesquels on ne possédait aucune donnée. Assurément, mon travail est encore incomplet, je le sais mieux que personne; j'ai cependant la conviction que, si les recherches ultérieures peuvent y ajouter beaucoup, elles n'y introduiront pas de modification essentielle.

Je laisse de côté, pour le moment, une seconde partie de mes recherches, celle qui concerne la détermination exacte des conditions physiques de la production des monstres. L'imperfection de mon outillage ne m'a pas permis, pendant bien longtemps, de faire cette détermination avec la précision nécessaire. J'ai pu, depuis deux ans, introduire dans mes appareils, des perfectionnements qui me permettent d'obtenir toutes les données du problème. De plus, l'établissement d'un laboratoire d'embryogénie tératologique à l'École pratique de la Faculté de médecine, voté, il y a un an, par la Faculté, sur la demande de son doyen, M. Wurtz, et pour l'installation duquel M. Wallon, alors ministre de l'Instruction publique, m'a ouvert les crédits nécessaires, sur la demande de M. du Mesnil, directeur de l'Enseignement supérieur, me mettra très prochainement en mesure de reprendre mes expériences sur une grande échelle, et de les accomplir rapidement. J'ai donc l'espoir fondé de pouvoir, dans une époque assez rapprochée, publier un nouveau livre dans lequel je ferai connaître les conditions physiques de l'évolution normale et de l'évolution tératologique de l'embryon du poulet. Ce travail est préparé depuis longtemps; mais je ne le publierai que lorsque j'aurai remplacé par des documents précis les simples indications dont j'ai dû me contenter jusqu'à présent[1].

[1] Voir la note E.

XVIII

Il me reste maintenant à signaler le résultat le plus général de mes recherches, celui auquel j'attache le plus de prix. Elles démontrent, de la manière la plus complète, contrairement aux idées de Wolff et de Meckel, et conformément à celles de Geoffroy Saint-Hilaire, la possibilité de modifier, par l'action de causes physiques extérieures, l'évolution d'un germe fécondé. La démonstration de ce fait n'intéresse pas uniquement la production des monstres, mais la biologie tout entière.

En effet, s'il est possible, en modifiant l'évolution d'un germe fécondé, de produire des monstruosités, on doit considérer comme possible la production de simples variétés, c'est-à-dire de déviations légères du type spécifique, compatibles avec la vie et avec l'exercice des fonctions génératrices. Sans doute, cette possibilité ne résulte pas actuellement de mes recherches, où je me proposais un tout autre but. Mais on peut la déduire facilement de considérations théoriques.

L'un des principaux résultats des travaux des deux Geoffroy Saint-Hilaire sur la tératologie, c'est que la monstruosité la plus grave et l'anomalie la plus légère sont essentiellement des faits de même ordre, des déviations du type spécifique produites par un changement de l'évolution. Seulement, les monstruosités affectent, profondément et simultanément, un grand nombre d'organes, tandis que les anomalies légères ne font, pour ainsi dire, qu'effleurer certains organes isolés. La différence de ces deux sortes de faits résulte essentiellement de la différence d'intensité de la cause modificatrice; et, peut-être aussi, de l'époque de son action; car j'ai constaté que la gravité des anomalies décroît généralement avec l'époque de leur apparition.

Je pense donc qu'en employant les procédés qui m'ont servi pour la production des monstres, mais en les employant d'une autre façon, j'arriverai à produire les anomalies légères, les *variétés*, aussi facilement que les anomalies graves. Or, l'hérédité de toutes les variétés d'organisation, lorsqu'elles n'empêchent pas l'exercice des fonctions génératrices, est actuellement établie de la manière la plus certaine. C'est la condition de la formation des races.

Mes expériences donnent donc aux zoologistes des méthodes à l'aide desquelles ils pourront aborder scientifiquement la question de la

formation des races[1]. Tout ce que nous savons aujourd'hui sur ce sujet, au moins en zoologie[2], se borne à quelques vagues indications provenant des expériences inconscientes de la domestication. Il faut les compléter par l'expérimentation scientifique, en faisant sortir des types spécifiques actuels toutes les variétés héréditaires, en d'autres termes, toutes les races qu'ils contiennent virtuellement. Sachons bien qu'il est au pouvoir de la science expérimentale de produire artificiellement tous les phénomènes qui sont ou peuvent être produits par l'action de causes naturelles. Tandis que l'observation ne donne que la connaissance des réalités actuelles, l'expérimentation, grâce à sa puissance créatrice, réalise tout ce qui est possible; elle ouvre ainsi une carrière sans limite. De plus, elle met l'expérimentateur en présence des causes réelles des phénomènes, puisqu'il ne peut les faire apparaître que par l'emploi de ces causes, et elle le conduit à la véritable science si bien définie par Bacon dans cette parole célèbre : *Vere scire est per causas scire*[3].

Je n'ai pas besoin de faire remarquer l'intérêt que de semblables expériences présenteraient au point de vue pratique; car tout le monde sait que la formation des races est l'une des parties les plus importantes de la zootechnie. Mais je veux montrer leur intérêt scientifique. La connaissance du mode de formation des races et des causes qui la déterminent ou, d'une manière plus générale, des lois qui régissent la

[1] Il importe qu'on ne se méprenne pas sur ma pensée. En m'exprimant ainsi, je ne prétends pas que mes expériences donnent tous les procédés de la formation des races. Ainsi que je l'ai dit à propos des monstruosités, les causes modificatrices peuvent agir avant et pendant la fécondation; je n'ai employé que celles qui agissent après la fécondation. Le métissage, l'hybridation, que l'on peut varier de tant de façons, surtout à l'aide des fécondations artificielles, permettent aux physiologistes de multiplier jusqu'à l'infini les expériences sur la variabilité des formes de la vie. Mais nous ne possédons encore aucun procédé scientifique pour agir sur l'élément mâle ou l'élément femelle de la fécondation. Je ne doute pas que les progrès de la science ne nous donnent un jour de pareils procédés. Il y a là toute une série d'expériences dont nous ne pouvons pas avoir actuellement la pensée.

[2] Ce serait, en effet, manquer à la justice que de ne pas rappeler ici les beaux travaux que la physiologie végétale possède actuellement sur l'origine des races. Je ne puis pas ne pas citer l'ensemble des recherches que L. Vilmorin a publiées sous ce titre : *Notices sur l'amélioration des plantes par le semis, et considérations sur l'hérédité des végétaux*, puis, parmi les travaux des botanistes vivants, ceux de M. Decaisne, sur l'origine des races des arbres fruitiers, et de M. Naudin sur l'hybridité végétale. Ici, comme sur tant d'autres points, la botanique est en avance sur la zoologie.

[3] Bacon, *Novum organum*, lib. II, aph. 2.

variabilité de l'organisation des êtres vivants, est le seul procédé scientifique que nous possédions pour aborder le plus grand problème de la biologie, celui de l'origine des types spécifiques ou, en d'autres termes, des différentes formes sous lesquelles la vie s'est manifestée aux différentes périodes de l'histoire de la terre.

Tant que la doctrine de la préexistence des germes a régné dans la science, cette question n'existait pas; elle ne pouvait pas exister. L'origine des espèces était en dehors de la science. Aujourd'hui la biologie, complètement débarrassée des entraves qui ont pendant si longtemps arrêté sa marche, se demande si les types spécifiques que nous observons dans l'ordre actuel des choses sont le produit immédiat de la puissance créatrice, et, à ce titre, complètement indépendants les uns des autres; ou bien s'ils ne se seraient pas produits, à certaines périodes géologiques, en vertu de lois naturelles, par la modification ou même par la transformation de types spécifiques antérieurs. Tout le monde connaît les vives controverses que cette question soulève, surtout depuis la publication des célèbres livres de M. Darwin: elles ont retenti même en dehors du monde scientifique. L'existence seule de ces controverses prouve, de la manière la plus évidente, que la science ne peut encore se prononcer d'une manière définitive et que, par conséquent, les deux doctrines qui la divisent, au sujet de l'origine des types spécifiques, ne sont encore que des hypothèses.

Les partisans de la fixité des espèces s'appuient sur un fait réel, la très longue durée des types spécifiques et leur permanence durant plusieurs périodes géologiques; mais ce fait n'implique pas nécessairement une fixité absolue; il peut ne signifier qu'une chose, c'est que, pendant leur longue durée, ces types n'ont point été soumis à des causes suffisantes de variation.

Les partisans de la variabilité ou, comme on le dit aujourd'hui, du *transformisme* s'appuient sur un fait non moins réel : les variations déterminées dans certains types spécifiques, par la domestication, s'il s'agit des animaux, et par la culture, s'il s'agit des plantes. Mais ces modifications sont contenues dans des limites peu étendues; elles n'impliquent pas évidemment le fait d'une variabilité illimitée.

Tant que la science ne possédera pas d'autres éléments de discussion, elle ne pourra se prononcer; mais si elle arrive, et je le crois possible, à connaître toutes les formes dérivées qui peuvent sortir de plusieurs des types spécifiques du monde actuel, et à déterminer d'une manière

scientifique les causes qui les produisent et les lois qui régissent leur production, elle pourra appliquer ces notions au passé, et chercher à reconstituer, avec quelque vraisemblance, l'histoire des apparitions des formes de la vie. C'est, du reste, la seule méthode qui puisse la conduire, sans l'égarer, dans cette étude rétrospective.

Mais il faudra de longues années pour réunir, même partiellement, les éléments du problème. Car, si la production artificielle des variétés, au moins dans certaines espèces, ne paraît pas devoir présenter des difficultés plus grandes que la production artificielle des monstruosités, il n'en est pas de même de la production des races. Dans ce nouveau problème, on doit agir non pas sur les individus, mais sur des suites d'individus, pendant un nombre plus ou moins grand de générations. Il faut donc, pour les naturalistes, des éléments de travail d'une tout autre nature et bien plus dispendieux. Le laboratoire ne suffit plus. Il faut avoir des ménageries ou du moins des établissements dans lesquels on puisse élever les animaux soumis aux expériences.

Il est fort remarquable de voir que cette pensée de créer des établissements destinés à l'expérimentation zoologique s'était déjà présentée à l'esprit de Bacon au commencement du XVIIe siècle. Ce grand philosophe, présentant, dans *la Nouvelle Atlantide*, le tableau d'une société d'hommes cultivant la science pour la faire servir à l'amélioration de la condition de l'humanité, y parle de ménageries entièrement consacrées à l'expérimentation, et dans lesquelles on s'occupe de faire varier les espèces : « Nous avons, dit-il, des enclos et des ménageries pour des animaux et des oiseaux de tout genre... Nous rendons artificiellement les uns plus grands et plus gros qu'ils ne le sont naturellement ; au contraire, nous rapetissons les autres, et nous les privons de leur taille normale... Nous les faisons varier de mille façons, quant à la couleur, à la forme, au caractère... Nous ne procédons pas au hasard, mais nous savons fort bien par quel procédé on peut faire naître tel animal donné... Nous avons aussi des viviers où nous faisons sur les poissons des expériences semblables à celle que nous venons de mentionner pour les quadrupèdes et les oiseaux [1]. » Ce rêve de Bacon

[1] BACON, *Nova Atlantis*. « Habemus septa et vivaria, pro bestiis et avibus omnigenis... Arte reddimus alias majores et proceriores, quam pro natura sua ; e contra alias nanas facimus, et statura justa privamus... Etiam colore, figura, et animositate, eas multis modis variamus... Neque tamen casu hoc facimus, sed satis novimus ex quali materia quale animal sit producibile. »

est encore un rêve. Ne devons-nous pas espérer pourtant qu'il sera un jour une réalité? Ici, comme dans tant d'autres parties de son livre, ce grand philosophe, qui comprit si bien le rôle que la science devait jouer dans les destinées de l'humanité, n'avait-il pas une vision claire de l'avenir ?

Un des premiers naturalistes de notre époque, M. C. Vogt, a récemment reproduit la même pensée : « Les ménageries, les jardins zoologiques et d'acclimatation devront se transformer nécessairement en laboratoires zoologiques dans lesquels des observations et des expériences entreprises dans un but déterminé pourront être continuées sans interruption pendant des séries d'années[1]. »

Il est bien clair que l'absence de pareils établissements sera pendant longtemps encore un obstacle à l'expérimentation zoologique, et par conséquent à l'étude scientifique du problème de l'espèce. Toutefois, nous ne devons pas désespérer ; si nous ne pouvons pas encore utiliser, dans ce but, les ressources d'établissements spéciaux et construits sur une vaste échelle, nous ne sommes pas cependant dépourvus de tous les éléments de ces recherches. L'extension que l'élève des animaux rares a prise dans ces dernières années, principalement sous l'influence de la Société d'acclimatation, met actuellement à la disposition des travailleurs des éléments qui, il y a vingt-cinq ans, à l'époque où j'ai conçu la première pensée de mes recherches, faisaient presque entièrement défaut. Nous devons espérer que ces éléments se multiplieront, et que leur accroissement donnera aux naturalistes les moyens d'aborder des questions qui, dans l'état actuel, leur paraissent tout à fait inaccessibles[2].

Je serais heureux si les considérations que je viens de développer pouvaient engager les jeunes savants qui débutent dans l'étude de la zoologie à me suivre dans une voie qui, j'en suis certain, les conduira à d'importantes découvertes. Pour ma part — malgré tous les obstacles que j'ai rencontrés sur ma route, et qui, devrais-je avoir à le dire? n'étaient pas tous de l'ordre scientifique et ne résultaient pas seulement des difficultés mêmes du sujet et de l'insuffisance des moyens de recherches — je poursuivrai mes travaux avec persévérance, mettant à profit toutes les occasions qui se présenteront de réaliser les expé-

[1] C. Vogt, *Préface* de l'ouvrage de Darwin : *De la variation des animaux et des plantes sous l'action de la domestication*, p. 13.
[2] Voir la note F.



riences qui sont depuis longtemps dans ma pensée. Un des maîtres les plus illustres de la science actuelle a dit dans un de ses derniers ouvrages que mes expériences sont *pleines de promesses pour l'avenir*[1]. Ces paroles de M. Darwin m'encouragent à continuer les études auxquelles j'ai voué ma vie, études qui m'ont déjà permis d'établir les lois de la formation des monstres, et qui me permettront, je l'espère, de réunir quelques données pour la solution d'un des plus grands problèmes que puisse se proposer notre intelligence, celui de l'origine des espèces.

[1] DARWIN, *De la descendance de l'homme*, trad. franç., t. II, p. 408.

NOTES

Note A

Que doit-on entendre par ces mots : *Déviation du type spécifique?*

Et, d'abord, qu'est-ce que le *Type spécifique?*

Si l'on compare entre eux les êtres vivants qui appartiennent à une même espèce, on constate que, quelque grandes que soient les ressemblances qu'ils présentent entre eux, ils ne sont cependant jamais identiques, et qu'ils se distinguent toujours les uns des autres par des différences extrêmement légères, ou, en d'autres termes, par des *nuances* qui constituent leur individualité. Mais si l'on fait abstraction de ces nuances individuelles, il y a chez eux un ensemble de traits caractéristiques qui les sépare nettement des êtres appartenant à d'autres espèces. C'est cet ensemble de traits caractéristiques que l'on désigne sous le nom de *Type spécifique,* et qui constitue, à bien des égards, le fait fondamental de toutes les sciences biologiques ; car l'individu n'est qu'un accident dans la nature, et les nuances individuelles sont, le plus ordinairement, infiniment petites, et, par conséquent, absolument négligeables.

Mais on rencontre, dans toutes les espèces, des individus chez lesquels certains traits du type spécifique disparaissent pour faire place à des caractères nouveaux. C'est là ce qui constitue l'*Anomalie* ou la *Déviation du type spécifique.* Or, ces déviations peuvent être de tous les degrés. Tantôt elles n'affectent que certains organes, ou même certaines parties d'organes: elles sont alors relativement légères. Telles sont, par exemple, l'augmentation ou la diminution du nombre des doigts. Tantôt, au contraire, elles affectent des régions entières du corps, en modifiant assez profondément l'organisation pour faire disparaître partiellement, ou même totalement, le type spécifique. Dans ce cas, l'*anomalie* devient la *monstruosité.*

Ces notions ont été bien établies par Is. Geoffroy-Saint-Hilaire, d'abord dans son *Traité de tératologie,* puis dans son *Histoire naturelle générale des règnes organiques*[1]. Je ne puis mieux faire que d'y renvoyer mes lecteurs.

Note B

L'œuvre que j'indiquais alors a été accomplie par mon ami, M. le Dr Ernest Martin, ancien médecin de la légation de France à Pékin. Il a publié

[1] Is. Geoffroy Saint-Hilaire. — *Traité de tératologie,* t. I, cap. I. *Définition de l'anomalie en général.* — *Hist. nat. gén. des règnes organiques,* t. II, cap. III. *Premières notions sur les variétés.*

en 1880, sous le titre d'*Histoire des monstres*, un ouvrage dans lequel il fait connaître les explications théologiques et scientifiques que l'on a données de la formation des monstres ; ainsi que les mesures dont ils ont été l'objet de la part des législations civiles et religieuses. Je ne puis mieux faire que de renvoyer mes lecteurs à ce livre, aussi remarquable par la science que par l'érudition de son auteur. Je me contenterai d'en donner ici un résumé très sommaire.

Avant l'intervention de la science dans la tératologie, l'origine des monstres a été souvent attribuée à des causes surnaturelles.

On a, de tout temps, fait intervenir des causes surnaturelles pour expliquer les phénomènes qui paraissent étrangers à l'ordre naturel. Nous avons tous, instinctivement, la notion de l'ordre, c'est-à-dire d'un ensemble de lois générales et immuables qui régissent l'enchaînement des existences, et les manifestations des phénomènes. Elle s'éveille dans notre esprit d'une manière inconsciente, à la vue de ce qui se passe quotidiennement autour de nous ; par exemple, dans le monde physique, de la succession des jours, des mois, des années ; dans le monde de la vie, de la succession des générations et de la perpétuité des espèces.

Mais il y a des faits qui ne se produisent qu'à de rares intervalles et sans que leur apparition semble régulière. Tels sont, en astronomie, les éclipses et l'apparition des comètes ; en météorologie, les orages ; en géologie, les tremblements de terre et les éruptions des volcans ; en biologie, la naissance des monstres. Ces faits, par suite de leur rareté relative, paraissent être en dehors de l'ordre, et résulter d'infractions aux lois générales de la nature.

Ç'a été de tous temps l'effort constant de la science, dès son origine, de chercher à rattacher à l'ordre naturel les faits qui paraissent être en dehors de cet ordre, et que l'on qualifie, pour ce motif, d'*extraordinaires;* de prouver qu'il n'y a point deux catégories de phénomènes, les uns régis par des lois immuables, les autres complètement étrangers à ces lois. On trouve dans Aristote, très nettement exprimée, l'idée de l'immutabilité des lois de la nature. Il est très probable qu'elle ne lui appartient pas, et qu'elle avait été déjà connue avant lui ; car, cette notion est implicitement contenue dans toute recherche scientifique.

Tout d'abord, les phénomènes extraordinaires ont été attribués à l'action directe de la divinité. La puissance qui avait créé l'ordre naturel, et établi les lois qui le régissent, était, par cela même, supérieure à ces lois et n'était pas tenue de leur obéir. Assurément, cette notion de la divinité ne fut pas celle des philosophes. On connaît le mot célèbre de Sénèque, qu'il avait tiré de la philosophie stoïcienne : « *Semper paret, semel jussit*[1]. » Mais elle est restée, jusqu'à nos jours, la croyance à peu près générale de l'humanité tout entière.

Les monstres, ainsi que tous les faits extraordinaires, furent donc considérés comme les produits immédiats de la Divinité. Jupiter se joue, Ζεὺς παίζει, disait Héraclite. La nature, disait Pline, crée les monstres *pour nous*

[1] Sénèque, *De Providentia*, cap. V.

étonner et se divertir[1]. La langue allemande désigne encore aujourd'hui les monstres sous le terme de *jeux de la nature* (*Naturspiel.*)

Mais est-il conforme à l'idée de la Divinité de lui attribuer une volonté sans motif et, pour ainsi dire, capricieuse? N'a-t-elle pas une intention quand elle enfreint les lois qu'elle s'est elle-même posées? Or, dans bien des cas, cette intention paraissait évidente. Les orages, les inondations, les tremblements de terre, les éruptions volcaniques produisent d'effroyables désastres. N'étaient-ils point la punition de populations coupables? On ne pouvait assurément attribuer la même cause à l'apparition des monstres[2]. Mais on les considéra comme des avertissements de la Divinité, qui manifestait sa colère et annonçait le châtiment, tout en laissant aux populations coupables le temps de le détourner par l'expiation. Comme le disait Cicéron: « *Monstra, Ostenta, Portenta, Prodigia appellantur, quoniam monstrant, ostendunt, portendunt, prædicant.* » Ces idées sont très anciennes. On les retrouve chez les Chaldéens, et elles se sont perpétuées presque jusqu'à nos jours. Il y a des livres entiers qui contiennent le récit de prodiges (et les monstres jouaient un grand rôle parmi les prodiges) et de toutes les calamités dont ces prodiges étaient l'annonce.

Toutefois ces explications ne pouvaient contenter tous les esprits. L'idée du mal ne se concilie pas avec celle de la bonté divine. Aussi presque toutes les religions ont-elles personnifié la cause du mal, du mal physique comme du mal moral; elles en ont fait une sorte de Dieu, inférieur au grand Dieu de l'univers.

Ce dualisme persista, bien qu'atténué, dans la religion chrétienne. Sans doute, le diable, ou le Dieu du mal, ne possédait pas le pouvoir créateur. Mais, dans sa haine de l'espèce humaine, il prenait plaisir à modifier, tantôt en apparence et tantôt en réalité, l'évolution de la créature formée à l'image de Dieu. Parfois même, il intervenait d'une manière beaucoup plus directe.

On a cru, dans tous les temps, que les femmes pouvaient avoir des relations charnelles avec des êtres surnaturels, et devenir mères par l'effet de ces relations. On lit, dans les premières pages de la Genèse, que les anges déchus s'unirent aux filles des hommes, et engendrèrent des géants. Dans l'antiquité grecque, cette croyance conduisit à la notion des demi-dieux et des héros. Dès les premiers temps de l'établissement du christianisme et pendant tout le moyen âge, le diable s'unissait aux hommes et aux femmes sous les formes de succube et d'incube. L'union des femmes avec le diable était l'un des principaux rites de la démonolâtrie, cette étrange maladie mentale qui sévit

[1] *Ludibria sibi, miracula nobis ingeniosa fecit natura. Nat. hist.* lib. VII, cap. 2.

[2] On voit cependant la naissance d'un monstre considérée comme un châtiment dans une circonstance bien remarquable. Le roi de France, Robert le Pieux, avait épousé, en 995, Berthe, veuve d'Eudes comte de Blois, sa cousine au quatrième degré. Cette parenté constituait un obstacle canonique au mariage. L'archevêque de Tours avait octroyé une dispense; mais le légat du pape fit déclarer, par la curie romaine, l'illégalité de l'union et l'excommunication du couple royal. La reine mit au monde un enfant ayant une tête et un col d'oie.

d'une manière épidémique, dans toute l'Europe occidentale, jusqu'au commencement du XVIIIe siècle. L'enfant qui naissait de ces unions reproduisait plus ou moins son père, moralement ou physiquement. Dans le premier cas, il étonnait le monde par sa perversité ; c'était, comme on le disait, un *diable incarné*. Dans le second, il excitait l'épouvante par ses traits hideux et sa conformation monstrueuse.

Cette croyance, qui fut si générale pendant très longtemps, ne doit pas nous étonner, quelque étrange qu'elle nous paraisse, car elle repose sur des faits physiologiques, le rêve et l'hallucination. Mais la connaissance de la véritable nature de ces faits est toute récente. Tant qu'elle n'existait pas, le monde réel et le monde imaginaire n'avaient pas de limites précises et se confondaient plus ou moins ; et pour la plupart des hommes, la réalité objective des images produites dans le système nerveux paraissait résulter de leur vivacité et de leur persistance. On connaît le mot de Pascal : « Si nous rêvions toutes les nuits la même chose, elle nous affecterait autant que les objets que nous voyons ; et si un artisan rêvait toutes les nuits, douze heures durant, qu'il est roi, je crois qu'il serait aussi heureux qu'un roi qui rêverait, toutes les nuits, douze heures durant, qu'il est artisan. » Ne soyons donc pas trop surpris de cet état mental de nos aïeux, si différent du nôtre, qui leur a fait, pendant si longtemps, prendre pour des réalités les visions de leurs rêves, jusqu'au jour où la science a dissipé tous les fantômes et fait apparaître à tous les yeux la lumière de la vérité.

En dehors des causes surnaturelles provenant de l'action directe de Dieu ou du diable, on a, de tout temps, cherché à expliquer la production des monstres par des causes naturelles, mais exerçant leur action dans des conditions insolites. C'est ainsi que l'on a souvent, dès l'antiquité la plus reculée, attribué l'origine des monstres à l'union d'espèces animales différentes, dont l'une pouvait être l'espèce humaine.

Le mulet, qui résulte de l'union de l'âne et de la jument, était connu dans les premiers temps de l'histoire. Ce fait de l'union féconde de deux espèces distinctes, quoique voisines, a-t-il été le point de départ de cette doctrine tératogénique ? Évidemment nous pouvons le supposer, quoi que nous n'ayons aucune preuve à l'appui de cette supposition. Mais, quoi qu'il en soit, ç'a été la croyance générale de l'humanité, que l'union de deux espèces, même très dissemblables, pouvait être féconde, et donner naissance à des êtres qui tantôt reproduisaient exactement l'organisme paternel ou l'organisme maternel, et tantôt présentaient le mélange de ces deux organisations. Cette origine fut attribuée à beaucoup d'espèces sauvages. Citons par exemple le Zèbre (*Hippotigris*) et la Girafe (*Camelopardalis*).

L'union de deux espèces distinctes aboutissait donc à la production d'une forme spécifique nouvelle résultant du mélange de leurs caractères. Mais, dans bien des cas, cette union produisait des formes monstrueuses, et, par conséquent, plus ou moins dépourvues de viabilité. L'examen superficiel des monstres, fait au moment de leur naissance, d'une manière hâtive, et par des personnes presque toujours remplies d'effroi, faisait souvent croire à l'existence, chez ces êtres, de parties étrangères à l'organisation humaine, et appartenant à une autre organisation. Telle était, par exemple, la trompe

des Cyclopes. De là tous ces récits de monstres présentant des têtes ou des membres appartenant à des espèces autres que l'espèce humaine, récits qui encombrent tous les anciens recueils tératologiques. Et de là aussi, chose curieuse, tous ces dessins faits, non d'après nature, mais d'après des récits plus ou moins inexacts, et dans lesquels on représente des hommes à tête d'éléphant, à membres de bœuf ou de cheval, etc.

Et cependant, dès l'antiquité grecque, Aristote avait déjà établi que l'union d'espèces différentes n'est féconde que lorsque ces espèces sont voisines. Or bien que, depuis un siècle, les faits d'hybridité animale se soient considérablement multipliés, ils ont tous confirmé le principe d'Aristote, principe purement empirique, il est vrai ; car la science ne nous a pas encore fait connaître les causes qui rendent fécond ou infécond le croisement de deux espèces animales [1].

Mais le fait établi par Aristote n'est entré dans la science que tout récemment, et particulièrement sous l'influence de Cuvier. La croyance à la fécondité d'accouplements féconds entre deux espèces très distinctes existait encore d'une manière générale, au siècle dernier, non seulement dans le public, mais même chez les savants. On est surpris de voir un savant comme Réaumur, dans le récit qu'il fait de ce qu'il appelle les *étranges amours* d'une poule et d'un lapin, se demander sérieusement ce qui doit en résulter, des *poulets vêtus de poils*, ou des *lapins couverts de plumes*. J'ai eu moi-même occasion de rencontrer plusieurs fois, chez des hommes, étrangers il est vrai aux sciences naturelles, mais remarquables d'ailleurs par leur intelligence, cette croyance à l'union féconde d'espèces distinctes, et, par suite, à la production des monstres par cette cause.

Ces idées sur l'origine des monstres, conçues en dehors de toute notion scientifique, ont disparu, peu à peu, devant les progrès de la science. Elles n'auraient donc pour nous qu'un simple intérêt de curiosité, si elles n'avaient exercé la plus déplorable influence sur la manière dont les monstres furent traités dans différents pays. Si les monstres simples et un certain nombre de monstres doubles ne sont pas viables, et périssent avant la naissance, les enfants affectés de simples anomalies sont généralement viables et peuvent atteindre la vieillesse. Et cependant, à Sparte et à Rome, la loi ordonnait le meurtre des enfants monstrueux. Il est très probable que cette prescription avait son origine dans une notion inconsciente de la sélection, et dans la pensée de maintenir la pureté de la race humaine. On peut croire que cette pratique persista pendant tout le moyen âge ; car nous lisons, dans les écrits de Riolan, une note dans laquelle il se demande si l'on doit, à l'exemple des Romains, mettre les monstres à mort. On voit encore cette question

[1] On peut se demander, en effet, si l'infécondité d'un pareil croisement résulterait d'une incompatibilité absolue entre l'élément mâle et l'élément femelle de la génération ; ou simplement de l'organisation même des œufs qui rendrait impossible la jonction de ces deux éléments dans la fécondation. Les découvertes que l'on a faites, dans ces dernières années, sur cet acte physiologique, et le procédé des fécondations artificielles, permettront, selon toute apparence, de résoudre cette question dans bien des cas.



discutée au siècle dernier par certains jurisconsultes. Devait-on conserver vivants des êtres dont l'origine était attribuée au commerce des femmes avec le diable ou avec des animaux, et qui, par conséquent, *font injure à la nature et au genre humain?* On peut donc supposer que les enfants affectés d'anomalies furent très fréquemment mis à mort au moment de la naissance. Les hermaphrodites furent souvent poursuivis et condamnés lorsque, dans l'ignorance où ils étaient de leur véritable nature, ils s'étaient mariés, et avaient pris dans le ménage le rôle du sexe opposé au leur. Il est arrivé assez fréquemment que des individus atteints d'hypospadias, et qui étaient en réalité des hommes imparfaits, se sont mariés comme femmes. Plusieurs furent brûlés vifs pour avoir profané le sacrement du mariage. Et ces cruautés ne s'arrêtaient pas aux monstres eux-mêmes : souvent elles atteignaient les femmes qui les mettaient au monde, et que l'on accusait, pour cette raison, de relations sexuelles avec le diable ou avec des animaux. Une femme fut brûlée vive à Avignon en 1543; une autre à Paris en 1602; une autre à Copenhague en 1683 : on punissait, par ces supplices, un crime supposé de bestialité.

La science a rendu impossible le retour de ces meurtres juridiques, en réduisant à néant l'idée de l'origine diabolique ou bestiale des monstres, et en prouvant que ces êtres ne sont que des embryons plus ou moins modifiés pendant leur évolution. Le seul sentiment qu'ils puissent aujourd'hui nous inspirer est celui d'une profonde pitié. Quand on voit ces êtres, privés, par leur conformation, d'un certain nombre de leurs conditions d'existence, et condamnés à mourir, au moment même de la naissance, on ne peut s'empêcher de se rappeler la triste question du grand poète latin : *Quare mors immatura vagatur?* Et ceux-là encore sont souvent les plus heureux. Car lorsque les anomalies sont compatibles avec la vie, elles placent les hommes qui en sont affectés dans des conditions toutes particulières, et modifient, dans une mesure plus ou moins grande, leurs relations avec leurs semblables. C'est là incontestablement une loi fatale, et actuellement au moins inéluctable. Nous pouvons croire, cependant, que la science parviendra quelque jour à connaître les causes qui produisent les anomalies chez les animaux vivipares et chez l'homme lui-même ; comme elle le fait actuellement pour les monstres simples qui se produisent dans la classe des oiseaux. On pourra peut-être alors trouver le moyen de combattre ces causes et de faciliter ainsi l'évolution normale de l'embryon dans l'espèce humaine. Ce serait un grand honneur pour moi si mes recherches tératogéniques m'avaient permis de préparer ce progrès.

Note C

La doctrine tératogénique de Lémery est encore aujourd'hui celle qui domine dans la science. Assurément on ne croit plus, comme Lémery, à la préexistence des germes; mais on s'accorde généralement pour attribuer, comme lui, la

formation des anomalies et des monstruosités à l'altération consécutive d'une organisation primitivement bien conformée. On cherche les causes qui déterminent cette altération tantôt dans des faits mécaniques, tantôt dans des faits pathologiques. Je ne puis mentionner ici toutes ces théories tératogéniques ; et je me bornerai à indiquer celles qui ont joué dans la science un rôle important. Je ferai remarquer d'ailleurs que ces théories ont pour point de départ des faits réels, mais mal interprétés par suite de l'absence presque complète de notions embryogéniques.

La plus célèbre de ces théories est celle de Marcot et de Morgagni, qui expliquent un grand nombre de monstruosités par l'hydropisie du fœtus. Elle a son origine dans la considération des monstres anencéphales, relativement fréquents dans l'espèce humaine, chez lesquels l'encéphale et la moelle épinière sont partiellement ou totalement remplacés par des poches pleines de sérosité. Dans les idées de ces deux médecins, une hydropisie de l'axe nerveux cérébro-spinal aurait plus ou moins complètement détruit, chez ces monstres, la substance nerveuse, et souvent aussi les os de la voûte du crâne ou de l'arc supérieur de la colonne vertébrale. Je ferai remarquer tout d'abord que cette action destructive de l'hydropisie n'a jamais été constatée chez l'homme adulte. Cette maladie, dans quelque région qu'elle se produise, peut comprimer plus ou moins, par le fait de l'accumulation de la sérosité, les organes dans le voisinage desquels elle s'est produite, et les atrophier dans une certaine mesure ; mais jamais elle ne détruit complètement les éléments organiques. L'hydropisie aurait donc à l'âge fœtal une puissance qu'elle n'a pas à l'âge adulte. Toutefois cette considération n'a point arrêté les tératogénistes. Ceux qui sont venus après Marcot et Morgagni ont au contraire poussé jusqu'à l'extrême les conséquences de cette doctrine. C'est ainsi que Béclard, admettant, sans aucune réserve, le fait de la destruction des éléments anatomiques par la sérosité hydropique, y a cherché l'explication de la formation des monstruosités caractérisées par l'absence de certaines parties. Pour lui, la cyclopie résulte de la destruction des os du nez par l'hydropisie, par suite de laquelle les yeux se seraient rapprochés, puis soudés sur la ligne médiane. Mais il va plus loin encore. L'hydropisie, d'après lui, détruirait complètement non seulement des organes entiers, mais encore des régions entières du corps. L'acéphalie résulterait de la destruction de la tête; la péracéphalie, de celle de la tête et du tronc.

Il paraissait difficile d'aller plus loin. Cela a été fait cependant, dans ces dernières années, par J. Guérin.

On sait que ce célèbre chirurgien a expliqué les déviations, celles par exemple de la colonne vertébrale et des membres, par des rétractions musculaires produites par des convulsions. Cette théorie, qui a eu, il y a une trentaine d'années, un grand retentissement, est aujourd'hui à peu près abandonnée. Les progrès de l'anatomie pathologique, et particulièrement les travaux de M. Charcot nous ont appris que les modifications du système musculaire consécutives aux convulsions, sont des atrophies souvent accompagnées de transformation graisseuse.

Les monstruosités simples s'accompagnent fréquemment de déviations des

membres et de la colonne vertébrale. Il en est aussi de même pour un certain nombre de monstruosités doubles. J. Guérin appliqua à ces déviations congénitales sa théorie de la rétraction musculaire, dont il voyait la cause dans une maladie du système nerveux. Toutes les accumulations de sérosité dans l'axe cérébro-spinal, depuis l'anencéphalie complète jusqu'aux cas les plus localisés de *spina bifida*, sont pour lui la preuve d'une maladie du système nerveux, qui aurait détruit complètement la totalité ou au moins certaines parties de ce système, et qui, en même temps, aurait amené des rétractions musculaires convulsives, causes des déviations congénitales. J. Guérin étendit les applications de cette doctrine même aux anomalies les plus étrangères, au moins en apparence, aux déviations. C'est ainsi que le bec de lièvre résulte, pour lui, de la rétraction du muscle orbiculaire des lèvres; que l'éventration résulte de la rétraction des muscles des parois abdominales, etc.

Ce n'est pas le lieu de discuter actuellement cette doctrine, sur laquelle j'aurai plus tard occasion de revenir. Disons seulement qu'elle compte encore aujourd'hui des adeptes zélés.

Une autre doctrine tératogénique, celle de Cruveilhier, reproduit très exactement la doctrine de Lémery. Cruveilhier, comme Lémery, explique un certain nombre de monstruosités simples, comme les déviations et les fusions d'organes (cyclopie, etc.), par des pressions extérieures. Toutefois, il ne va pas, comme Lémery, jusqu'à expliquer les monstres doubles par la pression des deux embryons. Il considère que ces pressions résultent de contractions insolites de la matrice. La doctrine de Cruveilhier a pour point de départ des faits vrais. Il est certain que la pression joue un grand rôle dans la formation des monstruosités simples. Mais cette pression ne peut exercer d'action tératogénique qu'autant qu'elle agit sur l'embryon dans les premières périodes de la vie; elle est d'ailleurs produite par l'amnios, et aussi, chez les oiseaux, dans certains cas, par la coquille de l'œuf. Les contractions de la matrice n'interviennent, en aucune façon, dans ces événements.

En résumé, les doctrines pathologiques de Marcot, Morgagni, Béclard et J. Guérin, la doctrine mécanique de Cruveilhier proviennent uniquement du manque absolu de connaissances embryogéniques chez ces savants. Ils ont cherché à deviner l'origine des monstruosités dans les embryons, en ignorant complètement leur mode d'évolution. On comprend en agissant ainsi qu'ils aient nécessairement abouti à des conceptions erronées, quelque ingénieuses qu'aient été d'ailleurs ces conceptions.

Je dois en outre signaler un défaut général de toutes ces doctrines, c'est qu'elles laissent entièrement sans explication un nombre plus ou moins grand de monstruosités. C'est ainsi que dans aucune d'elles il n'est question de la formation des monstres doubles.

Note D

Obéissant à un sentiment de justice, j'avais cru, en rédigeant cette introduction, devoir indiquer tout ce qui avait été tenté, avant moi, pour produire

artificiellement les monstruosités. Diverses personnes ont conclu de cet historique, que j'avais cherché à faire aussi complet que possible, que je n'avais fait, dans mes travaux, que continuer et étendre une œuvre déjà commencée par d'autres. Cela n'est pas. Je reconnais, et je me ferai toujours un devoir de reconnaître que l'idée qui m'a guidé ne m'appartient pas, et que je l'ai prise dans les mémoires de Geoffroy Saint-Hilaire. Mais Geoffroy Saint-Hilaire s'était contenté d'ouvrir la voie; il ne s'y était pas engagé lui-même, et il avait laissé tout à faire à ses successeurs. Or je puis dire que si l'idée ne m'appartient pas, c'est moi qui l'ai réalisée, et qui en ai fait sortir une branche toute nouvelle des sciences biologiques, la *Tératogénie expérimentale.*

La discussion des questions de priorité est toujours extrêmement délicate. Heureusement je puis établir mes droits à l'aide d'un document qui n'est point mon œuvre, et à qui la haute position scientifique de son auteur donne une très grande autorité. M. de Quatrefages a publié en 1887, dans le *Journal des savants*, un article sur la tératogénie et la tératologie, dans lequel il donne une exposition complète de mes travaux sur cette branche de la science. Il y établit nettement la part qui me revient dans sa création. Je crois donc devoir lui laisser la parole :

« L'ensemble des recherches tératogéniques de M. Dareste est à lui seul une œuvre considérable et des plus importantes. Pourtant elle est restée presque entièrement inaperçue. Il y a plus; lorsqu'on essaye d'en parler, on se heurte presque toujours à des préjugés étranges. J'ai maintes fois entendu dire que M. Dareste s'était borné à appliquer avec plus de persévérance, mais à peu près au hasard, les procédés d'expérimentation inventés par Geoffroy Saint-Hilaire, par Prévost et Dumas; qu'il n'avait, en réalité, ajouté aucun résultat intéressant à ceux qu'avaient obtenus ses prédécesseurs.

« On verra qu'il est bien facile de réfuter ces appréciations aussi injustes qu'inexactes. »

Voici maintenant l'exposé des travaux de Geoffroy Saint-Hilaire en tératogénie :

« L'honneur d'avoir le premier posé nettement le problème et d'avoir cherché à le résoudre expérimentalement appartient tout entier à Étienne Geoffroy. Partisan convaincu de l'épigénèse, il voulut prendre pour ainsi dire corps à corps la théorie de l'évolution, en montrant que « l'on peut entraîner l'organisation dans des voies insolites... et la faire dévier de sa marche naturelle. » Pour atteindre ce but, il institua un grand nombre d'expériences, toutes faites sur des œufs de poule, dont il cherchait à troubler le développement par divers procédés. Il eût recours d'abord à l'incubation naturelle; mais, plus tard, mettant à profit la proximité d'un grand établissement fondé à l'imitation *des fours à poulets* égyptiens, il employa l'incubation artificielle et put agir sur une grande échelle.

« Voici quelle était la manière d'opérer de Geoffroy. Il plaçait ses œufs dans la couveuse et *les laissait se développer normalement* pendant un certain temps, ordinairement pendant trois jours. Puis il cherchait à agir sur l'embryon en secouant l'œuf violemment; en le perforant sur divers points; en le maintenant dans une position verticale, tantôt sur le gros bout, tantôt sur le petit,

mais le plus souvent en recouvrant la coquille d'un enduit de cire ou d'un vernis propre à le rendre imperméable à l'air.

« Isidore Geoffroy, à l'exemple de son père, essaya d'obtenir des monstres en soumettant les œufs à l'incubation naturelle et en variant les procédés. Il leur imprimait de fortes secousses, tantôt dans le sens du grand axe, tantôt perpendiculairement à lui ; il amincissait la coquille; il la vernissait pour rendre l'introduction de l'air plus difficile, ou bien enlevait de petites plaques qu'il remplaçait par une substance poreuse pour en faciliter l'accès; il la perforait avec de fines aiguilles, que tantôt il retirait après l'opération, et tantôt laissait à demeure.

« Les deux Geoffroy n'eurent que de rares imitateurs. Tout en étudiant le développement normal du poulet, Prévost et Dumas firent quelques expériences de tératogénie. Ils employaient une couveuse artificielle, et en firent varier brusquement la température. Ils essayèrent aussi l'action d'atmosphères artificielles et de l'électricité; mais ils n'ont donné aucun détail sur leurs procédés, dont l'indication n'occupe que trois ou quatre lignes. Quant au physiologiste anglais Allen Thomson, il se borne à déclarer très simplement qu'il a répété avec succès les expériences de Geoffroy.

« Lorsqu'on lit avec attention ce qu'ont écrit les auteurs que je viens de citer, il est facile de reconnaître que le résultat de ces tentatives n'avait guère encouragé les expérimentateurs. Prévost et Dumas, tout en annonçant qu'ils ont obtenu des monstres, avouent que leurs notes sont trop incomplètes pour être publiées. Je viens de dire quelle était la déclaration d'Allen Thomson. Quant à Isidore Geoffroy, il reconnaît franchement n'avoir jamais produit de monstre. La presque totalité des œufs mis en expérience périrent et se putréfièrent. Deux seulement donnèrent des poulets bien conformés, mais de très petite taille. Quant aux œufs qui avaient été secoués, ils fournirent des poulets normaux et bien vivants, mais dont le développement avait été manifestement retardé. Quelques-unes des expériences de M. Dareste expliquent aisément ce dernier résultat.

« Isidore Geoffroy attribue une tout autre réussite aux expériences de son père. Celui-ci aurait obtenu « un nombre relativement très considérable « d'anomalies, soit simples, soit complexes, en particulier la triocéphalie, « l'atrophie ou même l'avortement complet des yeux, l'éventration, la fissure « spinale et diverses déformations. »

« En s'exprimant ainsi, il ne faisait que résumer ce qu'Étienne Geoffroy avait dit avec plus de détail, dans un mémoire où il a voulu faire connaître le résultat des recherches entreprises à l'aide du four à incubation. Depuis lors, le père et le fils ont maintes fois insisté sur cet ordre de faits comme fournissant les plus sérieux arguments à opposer à la théorie de l'évolution et à invoquer en faveur de l'épigénèse. On sait que tout ce qu'ils ont dit à ce sujet a été reproduit dans une foule d'écrits. Malheureusement, ces monstres artificiels dont on a tant parlé ne sont ni figurés, ni décrits nulle part. Même dans le mémoire spécialement destiné à exposer ses expériences, et où l'on devait s'attendre à trouver les détails les plus précis sur ces *déviations organiques provoquées*, Étienne Geoffroy s'en tient à quelques phrases à la fois vagues et trop succinctes. Il ne consacre qu'*une ligne* à son *triencé-*

phate, trois lignes à ses poulets à tête et à bec de perroquets. La description d'un cas de *spina bifida* qui paraît avoir présenté des particularités très curieuses n'est guère moins écourtée. Celle d'un monstre *célosome*, remarquable par l'étendue et la nature de *l'éventration* par la déformation du bassin, est seule un peu plus précise, encore tient-elle dans une douzaine de lignes ; aucune figure n'accompagne d'ailleurs ce mémoire, consacré surtout à justifier une théorie dont je parlerai plus tard.

« Isidore Geoffroy est encore moins explicite. J'ai cité plus haut textuellement la phrase où il énumère les monstres dont il attribue à son père la production artificielle. Eh bien, aucun d'eux n'est mentionné dans le texte de l'*Histoire des anomalies*, à l'exception du célosome dont je viens de parler. Enfin l'atlas qui accompagne cet ouvrage ne renferme pas une seule figure représentant ces êtres anormaux obtenus par un procédé scientifique.

« Plus que toute autre chose, ce silence d'un fils, toujours si jaloux de mettre en relief les moindres mérites de son père, a contribué à faire naître des doutes sur la réalité des découvertes de Geoffroy. Non certes que l'on ait jamais soupçonné la parfaite bonne foi de l'illustre naturaliste ; mais on s'est demandé si, grâce à sa trop vive imagination, il n'avait pas pris pour des monstruosités le résultat de quelques accidents, bien faciles à se produire pendant la dissection d'organismes aussi délicats, et quelques-uns des juges les plus compétents n'ont pas hésité à adopter cette opinion. Voilà probablement pourquoi ces expériences sont à peine mentionnées, et même entièrement passées sous silence, dans la plupart des traités généraux de physiologie, où l'histoire de la monstruosité considérée comme relevant uniquement de l'anatomie n'occupe pas d'ailleurs la place qui devra lui revenir.

« Nous pouvons aujourd'hui être plus justes envers l'auteur de la *Philosophie anatomique*. Nous savons, à n'en pouvoir douter, qu'il a bien eu sous les yeux les monstres dont il s'agit. M. Dareste a découvert, dans les papiers que lui avait confiés la famille, deux planches gravées, mais restées inédites, sur lesquelles sont représentés les monstres dont a parlé Geoffroy. Celui-ci avait donc voulu faire de ses découvertes le sujet d'une publication détaillée. Pourquoi s'est-il arrêté ? Pourquoi son fils, qui n'a pu ignorer l'existence de ces figures *déjà gravées*, n'en a-t-il pas reproduit au moins quelqu'une dans l'atlas de son livre ?

« Il n'est pas très difficile, ce me semble, de répondre à ces questions, qui se présentent forcément à l'esprit. Geoffroy a incontestablement trouvé des monstres dans ses couvées. Mais il vint sans doute un moment où il dut se demander si ces anomalies étaient bien dues à son industrie.

« L'incubation artificielle en France ne date pas seulement de l'expédition d'Égypte, comme on l'a dit quelquefois. Olivier de Serres et Réaumur la connaissaient. Tous les deux avaient constaté que les poulets obtenus par ce procédé étaient souvent mal conformés et vraiment monstrueux, « l'artifice ne pouvant toujours imiter la nature ». A son tour Geoffroy aura reconnu que certains œufs, abandonnés à la seule action du four à incubation, produisaient des êtres anormaux. Il aura conçu des doutes relativement à l'influence qu'il avait attribuée d'abord à l'emploi de ses procédés. Par probité scientifique, il aura renoncé à une publication dont les matériaux étaient déjà

prêts. Son fils aura imité cette réserve : mais, par suite d'un sentiment bien naturel, bien louable et dont on retrouve la trace dans tous ses écrits, il aura voulu conserver à son père l'honneur d'une initiative qu'il pouvait d'ailleurs regarder comme ayant été couronnée par le succès, au moins dans quelques cas.

« En somme, malgré la brièveté de cet exposé, on peut voir clairement à quoi se réduit le travail accompli dans cet ordre de recherches de 1820 à 1844. Étienne Geoffroy, le premier, a tenté la production artificielle des monstres. Son fils, Prévost et Dumas, Allen Thomson, l'ont successivement suivi dans cette voie. Mais, évidemment, rebutés par l'imperfection des procédés qu'ils mettaient en œuvre, par l'incertitude des résultats, par des insuccès répétés, ils se sont vite découragés. En réalité, ils ont laissé la question *tout entière*.

« Par cela même, aucun d'eux n'a songé à suivre les phases du développement de ces êtres anormaux qu'il était si difficile de se procurer. Les matériaux indispensables à cet ordre de recherches leur faisant défaut, la pensée de créer la tératogénie *ne pouvait même pas leur venir.* »

Je puis aujourd'hui ajouter à ces paroles de M. de Quatrefages, que Geoffroy Saint-Hilaire ne connaissait pas une cause d'erreur mise par mes recherches en pleine évidence, et qui l'a peut-être conduit à considérer comme des faits de monstruosité ce qui pouvait n'être que des caractères de race.

J'avais signalé, il y a plus de vingt ans, le fait remarquable que la race des poules de Padoue est caractérisée par une hernie des hémisphères cérébraux devenue héréditaire. Or, je me suis assuré, dans ces dernières années, que ce caractère appartient également aux poules de Houdan et de Crèvecœur, chez lesquelles la crête, peu développée, est remplacée plus ou moins complètement par une huppe de plumes. Je suppose, mais je n'en ai pas encore la preuve, que toutes les races de poules huppées sont dans le même cas. Or, je retrouve cette hernie des hémisphères cérébraux chez plusieurs des poulets figurés par Geoffroy Saint-Hilaire dans les deux planches inédites dont il est fait mention dans les passages déjà cités de l'article de M. de Quatrefages. Il est donc possible que, dans ces cas, il n'y ait point eu de monstruosités provoquées, puisque la hernie de l'encéphale existe normalement dans un certain nombre de races gallines.

Voici maintenant ce qui se rattache aux travaux de Prévost et Dumas :

« On pourrait dire avec plus de vraisemblance que M. Dareste s'est inspiré des travaux de Prévost et Dumas. Mais, si ces expérimentateurs avaient réellement découvert le fait que semble indiquer la phrase citée textuellement plus haut[1], à coup sûr, ils l'auraient au moins mentionné dans leur mémoire. Or, à l'époque où ils publièrent l'ensemble de leurs études embryogéniques, on était au plus fort des discussions relatives à la monstruosité. Geoffroy venait de faire connaître les résultats de ses incubations dans le *four à poulets*. Peut-on admettre que Prévost et Dumas eussent gardé le silence, s'ils avaient eu en main un procédé sûr et facile de *faire des monstres à volonté*? Évidemment non.

[1] « On peut rendre à volonté les fœtus monstrueux en couvant à 30° ou 45°. »

« Il y a plus : des expériences si précises de M. Dareste, il résulte que les températures indiquées par M. Dumas ne pouvaient produire le résultat qu'il annonce. L'une est trop élevée, l'autre trop basse. A 45 degrés, les œufs n'auraient pas même donné les premières ébauches d'organisation ; à 30 degrés on n'aurait obtenu que des masses informes, promptement désorganisées. On peut donc affirmer que Dumas n'a pas expérimenté le procédé dont il donne la formule avec tant d'assurance. On ne peut voir dans les paroles de notre illustre chimiste que le résultat d'une de ces intuitions qui, reposant à peine sur quelques données incomplètes, lui faisaient parfois prévoir les progrès de la science les plus inattendus, mais qui parfois aussi l'égaraient, lors même que le fond de sa pensée était juste. »

Je dois ajouter à ces pages de M. de Quatrefages le fait suivant. En 1868, dans une conversation avec Dumas, je lui demandai s'il avait conservé des notes ou des dessins relatifs à ces monstres artificiels. Il me répondit qu'il ne les avait point conservés.

J'ai cité textuellement ces passages du travail de M. de Quatrefages. Il y a prouvé, d'une manière magistrale, que si la pensée de faire des monstres ne m'appartient pas, ce que du reste j'avais très nettement indiqué dans mon introduction, c'est moi qui ai inventé les méthodes expérimentales nécessaires pour réaliser cette idée, et que Geoffroy Saint-Hilaire d'abord, et ensuite Prévost et Dumas ne m'ont donné à cet égard que de très vagues indications.

Quant à la tératogénie elle-même, c'est-à-dire à l'embryogénie anormale, elle m'appartient presque entièrement. C'est moi qui, le premier, ai suivi la formation des monstruosités dans l'espèce de la poule, parce que je suis le premier qui les ait produites artificiellement, et en assez grand nombre pour me procurer les éléments de mes études. On verra, dans le cours de cet ouvrage, que, dans ces dernières années, plusieurs physiologistes ont repris cette étude avec de nouvelles méthodes, mais en prenant mes travaux pour point de départ.

Note E

L'installation d'un laboratoire de tératologie, créé par M. Wallon à la fin de 1875, et rattaché en 1879, par M. J. Ferry, à l'École pratique des hautes études, m'a permis de réunir quatre appareils d'incubation artificielle et de multiplier, dans une proportion notable, le nombre des expériences. J'ai pu ainsi me procurer une quantité très considérable d'embryons normaux et monstrueux, à toutes les périodes de l'incubation.

Les embryons d'un certain âge ont été conservés dans l'alcool. Ceux que j'obtenais dans les premiers jours de l'incubation, ont été préparés pour l'observation microscopique, les uns en totalité, les autres en coupes. Ces préparations ont été faites par les aides qui m'ont assisté dans mes recherches, parmi lesquels je dois citer M. Schneider, aujourd'hui professeur à la faculté

des sciences de Poitiers; MM. les docteurs Fouquet, Vauthier et Baron, M. Gache, qui tous m'ont prêté un concours aussi intelligent que dévoué. Je les remercie bien cordialement.

Cette collection est actuellement unique au monde. La série des monstres simples produits artificiellement est particulièrement intéressante. Il y a là plusieurs centaines d'êtres que j'ai tirés du domaine du possible pour les faire entrer dans le monde réel. Sans doute, leur ensemble présente encore un certain nombre de lacunes; mais j'espère bien pouvoir les combler, et posséder, dans quelques années, des séries de préparations montrant l'évolution de chaque monstruosité, depuis sa première apparition jusqu'à l'époque de sa formation complète; ainsi sera constituée sur des faits visibles et palpables cette branche des sciences biologiques à laquelle j'ai voué mes efforts, la *tératogénie expérimentale*.

La seconde partie de mon travail, celle dans laquelle je me proposais d'étudier les causes physiologiques et physiques de la production des monstres, est beaucoup moins avancée. Une pareille étude présupposait évidemment la détermination exacte des conditions de l'évolution normale. Cette détermination est, aujourd'hui, presque entièrement établie. J'ai accompli ainsi une œuvre vainement tentée par Réaumur au siècle dernier. Et j'ai eu la satisfaction de voir mes efforts couronnés par la Société d'acclimatation, qui m'a décerné, en 1885, une de ses plus hautes récompenses. Mais, malgré mes recherches persévérantes, je n'ai pu encore résoudre complètement les problèmes qui se rattachent à la production des monstres. Il me faudra encore un temps assez long pour atteindre le but que je me propose.

Cela tient d'abord à la difficulté du problème, qui contient un nombre indéterminé d'inconnues. Cela tient aussi, il faut bien le reconnaître, à l'insuffisance des moyens de travail mis à ma disposition. Le laboratoire de tératologie, composé seulement de deux petites pièces dans les combles du bâtiment du Musée Dupuytren, est tellement exigu qu'il ne peut suffire à l'installation de tous les appareils nécessaires à mes recherches. Je voulais, il y a quelques années, faire couver des œufs dans des courants d'air préalablement desséché ou saturé d'humidité; mais je n'avais pas la place suffisante pour installer les appareils qui devaient servir à mes expériences. Je n'aurais pu les exécuter, si mon ami bien regretté, le baron Paul Thenard, ne m'avait ouvert, avec la plus grande cordialité, son laboratoire particulier. En outre, les crédits qui me sont alloués comme frais d'expériences sont tellement modiques qu'ils suffisent à peine aux dépenses les plus urgentes [1]. On comprend que, dans ces conditions, j'ai dû me restreindre à l'étude de la poule, et abandonner toutes les recherches que je voulais faire sur l'embryon des mammifères et sur celui des poissons. On comprend également que je n'aie pu entreprendre des expériences sur la formation des variétés héréditaires ou des

[1] La somme qui m'est allouée pour frais d'expériences était d'abord de 2,000 fr. par an; depuis deux ans, elle a été réduite à 1,500 fr. Je suis d'ailleurs obligé de prélever sur cette somme 600 fr. par an pour indemniser le jeune savant qui me prête son concours; car je n'ai pas de préparateur. C'est donc aujourd'hui avec 00 fr. seulement que je puis subvenir aux frais de mes expérienees.



races, expériences qui, dans ma pensée, devaient être la suite de celles que je consacrais à la tératogénie expérimentale.

Serai-je jamais en mesure d'aborder cette question? Je crains bien de n'avoir jamais à ma disposition les éléments nécessaires pour un travail de ce genre. Et d'ailleurs mon âge, et aussi l'état de ma santé, ne me permettent pas de compter sur beaucoup d'années de travail effectif. Je n'ai pas voulu cependant abandonner l'œuvre à laquelle j'ai voué mes efforts; et si je ne puis plus que dans une mesure très restreinte contribuer efficacement à l'avancement de la science, j'ai pensé que je pouvais encore la servir utilement, en faisant connaître le plan des expériences que j'aurais voulu accomplir, et en le soumettant aux savants qui se préoccupent des grandes questions de la biologie.

Note F

J'ai fait connaître les difficultés matérielles qui ont constamment entravé mes recherches, et qui ne m'ont permis d'accomplir qu'une faible partie de l'œuvre que j'avais entreprise. Je n'ai pu, par conséquent, aborder le problème de la production artificielle des variétés et de la formation des races, problème qui était, dans ma pensée, le complément nécessaire de la tératogénie expérimentale ; et je crains bien qu'il ne me soit jamais possible de l'aborder. Il me faudrait, pour cela, non seulement un laboratoire installé dans d'autres conditions que celui que je possède depuis douze ans, mais encore un établissement où je pourrais élever des animaux pendant plusieurs générations. Il n'est pas probable que je puisse jamais disposer de pareils éléments de travail.

Et cependant, je ne puis abandonner le projet que j'avais conçu, dès mon entrée dans la science, de soumettre à l'expérimentation la plus grande question des sciences naturelles, la question de l'espèce, dont la tératogénie expérimentale ne devait être que la préparation. Les éléments de l'expérimentation feraient-ils défaut aux travailleurs? C'est ce qu'il importe d'examiner.

Sans doute, la nouvelle Atlantide, telle que Bacon l'avait conçue, ne sera réalisée de longtemps, au moins dans notre pays, ni par l'Etat, ni par l'initiative privée. Mais, à défaut d'un établissement unique et général, ne serait-il pas possible d'instituer, dans beaucoup de localités, de petits centres d'expériences qui deviendraient autant de laboratoires d'expérimentation zoologique? L'élève et la multiplication des animaux rares prend, tous les jours, une extension de plus en plus grande, principalement sous l'influence de la Société d'acclimatation. Les établissements créés dans ce but deviennent tous les jours de plus en plus nombreux, et peuvent fournir aux travailleurs des matériaux considérables que l'on pourrait utiliser au profit de la science.

Mais pour tirer de ces éléments scientifiques tout le parti possible, il im-

porte que les travailleurs ne restent pas isolés, et qu'ils coordonnent leurs efforts de manière à les faire servir à une œuvre unique. Or, qui peut diriger ce grand travail, et donner l'impulsion à tous les hommes de bonne volonté qui auraient le désir d'y coopérer?

Ce ne peut être évidemment l'œuvre d'un seul homme. Pour qu'une pareille œuvre puisse aboutir et donner d'importants résultats, il faut qu'elle soit dirigée par une société; car les sociétés seules, par la perpétuité de leur existence, ont le privilège du *long espoir et des vastes pensées*. J'ai cru que la Société d'acclimatation, qui a repris depuis trente-cinq ans l'œuvre si longtemps arrêtée de la domestication et la conquête du monde de l'animalité, était seule en mesure de tenter l'entreprise.

Je me suis donc adressé au Président de la Société d'acclimatation, M. Albert Geoffroy Saint-Hilaire, et je lui ai fait part de mes idées à ce sujet. Il les a parfaitement accueillies. J'ai donc, avec son assentiment, exposé devant la Société un plan d'expériences destinées à étudier expérimentalement la variabilité des animaux et les conditions qui la produisent. La bienveillante attention avec laquelle les trois mémoires que j'ai rédigés à ce sujet[1] ont été écoutés par mes collègues de cette société, me fait espérer que mon projet ne sera point stérile, et que, dans un avenir plus ou moins prochain, le problème de l'espèce deviendra l'objet d'études sérieuses et suivies.

Pour ma part, je m'estimerais heureux si je pouvais, à la fin de ma carrière, ouvrir aux naturalistes une voie qui les conduira, j'en suis sûr, à des découvertes importantes et inattendues. Si j'ai pu, pendant de longues années, servir la science par mes travaux personnels, j'espère pouvoir la servir encore en montrant à ceux qui débutent des horizons nouveaux et encore inexplorés.

[1] Voici les titres de ces mémoires :

Le rôle de la science dans l'acclimatation, lu à la séance publique du 4 mars 1887, dans le *Bulletin de la Société d'acclimatation*, 4e série, t. IV, p. 201.

Exposition d'un plan d'expériences, lu à la séance publique du 18 mars 1887, *Bulletin*, 4e série, t. IV, p. 408.

Nouvelle exposition d'un plan d'expériences sur la variabilité des animaux, lu à la séance publique du 18 mai 1887. *Bulletin*, 4e série, t. V, p. 769 et 817.

APPENDICE

I. — INDICATION DES RECHERCHES TÉRATOGÉNIQUES DONT LES RÉSULTATS ONT ÉTÉ PUBLIÉS DEPUIS MES PREMIÈRES PUBLICATIONS.

J'ai fait connaître, dans un mémoire publié en 1855, les premiers résultats de mes recherches. Il est nécessaire de rappeler cette date, parce qu'en 1860 un physiologiste danois, M. Panum, professeur à l'université de Kiel, a publié un ouvrage sur la tératogénie, d'après des observations faites sur les oiseaux [1].

Lorsque j'eus connaissance de cette publication, j'ai cru d'abord que je devais abandonner mes recherches, craignant qu'elles ne fissent double emploi avec celles de M. Panum ; mais la lecture du livre m'a bientôt détrompé. M. Panum s'est généralement contenté de la méthode d'observation en étudiant les monstres qu'il rencontrait dans les œufs non éclos, et il n'a employé que très rarement la méthode expérimentale, c'est-à-dire la production artificielle des monstruosités. Aussi les faits qu'il a recueillis et décrits ne constituent qu'un nombre restreint d'anomalies généralement légères. Il a toutefois le mérite d'avoir vu certains faits nouveaux, l'existence de deux cœurs, par exemple.

Je dois citer également un travail de M. Lombardini sur la formation des monstres chez les oiseaux et chez les batraciens, travail publié en 1868 [2]. Ce travail, dont la publication est postérieure à celle de la plupart de mes résultats, contient la description d'un certain nombre de faits entièrement conformes à ceux que j'ai découverts. Seulement M. Lombardini les a obtenus par d'autres procédés.

En dehors de la classe des oiseaux, Lereboullet a publié un travail fort important sur les monstruosités du brochet [3].

L'Académie avait mis au concours, en 1860, la question suivante : « *Étude expérimentale des modifications qui peuvent être déterminées dans le*

[1] PANUM. *Untersuchungen über die Entstehung der Missbildungen zunächst in den Eiern der Vögel*, 1860. Kiel.

[2] LOMBARDINI. *Intorno alla genesi delle forme organiche irregolare negli Uccelli e ne' Batrachidi*, 1868. Pise.

[3] LEREBOULLET. *Recherches sur les monstruosités du Brochet observées dans l'œuf, et sur leur mode de production*, dans les *Ann. des sc. nat. Zool.*, 4e série, t. XX, p. 178, et 5e série, t. I, p. 113 et 257, 1863 et 1864. — Lereboullet avait déjà fait connaître plusieurs résultats de ses recherches en 1855. Voir les *Comptes rendus de l'Acad. des sc.*, t. XL, p. 854, 918, 1028 et 1063.

développement de l'embryon d'un animal vertébré par l'action des agents extérieurs. »

Le programme de la question mise au concours s'exprimait ainsi :

« Des expériences faites, il y a un quart de siècle, par Geoffroy Saint-Hilaire, tendent à établir qu'en modifiant les conditions dans lesquelles l'incubation de l'œuf de l'oiseau s'effectue, on peut déterminer des anomalies dans l'organisation de l'embryon en voie de développement. L'Académie désire que ce sujet soit étudié de nouveau, et d'une manière plus complète, soit chez les oiseaux, soit chez les batraciens ou les poissons [1]. »

Lereboullet, qui s'occupait depuis 1855 d'études sur l'embryogénie normale et tératologique du brochet, adressa les résultats de ses recherches au jugement de l'Académie. Moi-même, j'avais envoyé pour le même concours quatre mémoires, dans lesquels j'avais fait connaître les premiers résultats de mes travaux. Le prix fut partagé, en 1862, entre Lereboullet et moi.

Cette circonstance, que je dois rappeler, m'impose une très grande réserve dans mon appréciation du travail de Lereboullet, d'autant plus que les conclusions de ce travail paraissent en contradiction avec celles que j'ai déduites de mes recherches. Je suis cependant obligé d'expliquer cette contradiction, qui, j'espère le prouver, n'existe qu'en apparence.

Je cite textuellement les paroles de Lereboullet :

« Je me crois suffisamment autorisé à admettre... les quatre propositions suivantes, qui seront les conclusions de mon travail :

« 1° Il n'est nullement prouvé que les monstruosités en général, et particulièrement les monstruosités doubles, soient occasionnées par les influences que les agents extérieurs ont pu produire sur les œufs ;

« 2° Les seules modifications qui paraissent dues *quelquefois* à l'influence des agents extérieurs sont des arrêts de développement, des déformations et des atrophies ; encore ces effets ne sont-ils pas constants ;

« 3° Il n'est donc pas possible de produire à volonté des formes monstrueuses déterminées d'avance, ni d'établir d'une manière positive la cause des monstruosités ;

« 4° Cette cause pourrait bien être inhérente à la constitution même de l'œuf et ne dépendre en aucune façon des conditions extérieures [2]. »

Assurément, si ces conclusions étaient exactes, elles seraient dans la contradiction la plus formelle avec les résultats des recherches que je viens de signaler dans mon Introduction. Il importe donc de les examiner de près.

D'abord Lereboullet ne s'exprime que d'une manière dubitative : *Cette cause pourrait bien être*, etc. Et, par conséquent, il ne considérait pas ses expériences comme étant assez décisives pour lui permettre d'en tirer une affirmation.

Maintenant, l'examen des faits sur lesquels Lereboullet a cru pouvoir s'appuyer pour en déduire ces conclusions montre que le célèbre physiologiste a surtout observé des monstres doubles. Or, toutes mes études m'ont conduit à admettre que la formation des monstres doubles chez les oiseaux

[1] *Comptes rendus de l'Acad. des sc*, 1860, t. L, p. 249.

[2] LEREBOULLET, *loc. cit.*, 5e série, t. I, p. 320.



résulte d'un état particulier de la cicatricule, et qu'elle est, par conséquent, antérieure à la fécondation. Ici donc mes recherches s'accordent parfaitement avec les siennes.

Je n'admets l'intervention des agents extérieurs dans la production des monstres que dans le cas des monstruosités simples; et même, ainsi que je le dis dans l'Introduction, je ne crois pas que cette cause soit unique. Or, Lereboullet, sans s'expliquer d'une manière catégorique, admettait que les monstruosités simples *paraissent quelquefois dues à l'influence des agents extérieurs.*

On voit donc qu'en comparant attentivement les conclusions du travail de Lereboullet à celles de mon travail, il y a très peu de différence entre elles. Or, cette différence s'atténue encore par le fait d'une circonstance particulière, sur laquelle je dois insister dans le cours de ce livre : c'est que les types de la monstruosité simple, dont l'apparition est possible chez les poissons, sont beaucoup moins diversifiés que ceux qui peuvent se produire chez les oiseaux, par le fait des conditions particulières de leur développement.

Je trouve donc dans l'ouvrage de Lereboullet, malgré les apparences, une assez grande concordance avec les résultats que j'ai obtenus moi-même.

Je ne mentionne que pour mémoire un travail du docteur Knoch, de Moscou, sur la production des monstres chez les poissons. Ce travail est beaucoup trop incomplet pour que l'on puisse actuellement en tirer des conclusions quelconques[1].

Je cite dans mon livre tous les faits nouveaux signalés par les physiologistes dont je viens de citer les ouvrages; faits qui, sur plusieurs points, complètent mes recherches, mais dont je donne, dans bien des cas, une interprétation différente.

II. — INDICATION DE MES PROPRES TRAVAUX SUR LA TÉRATOGÉNIE, TRAVAUX QUE JE COORDONNE DANS L'OUVRAGE ACTUEL.

J'ai fait connaître, à partir de 1855, dans un grand nombre de publications éparses dans divers recueils scientifiques, la plupart des faits que j'ai recueillis pendant le cours de mes études, et qui, complétés par des observations encore inédites, forment le sujet de cet ouvrage. Je crois nécessaire de donner ici la liste de ces publications, pour établir d'une manière précise, et sur des textes, la date de mes découvertes.

Je dois rappeler à cette occasion que, pendant la durée de mes recherches, mes idées sur la tératogénie se sont constamment modifiées par suite des faits nouveaux que j'ai constatés. J'ai dû, dans un certain nombre de cas, abandonner certaines idées généralement acceptées au début de mes études,

[1] KNOCH. *Ueber Missbildungen betreffend die Embryonen der Salmonen und Coregonusarten*, dans le *Bulletin de la Société impériale des naturalistes de Moscou*, 1873, t. XLVI.

et les remplacer par des notions plus conformes aux résultats de mes expériences. C'est donc uniquement dans le livre actuel que l'on doit chercher l'expression exacte de ma pensée.

I. — Embryogénie normale.

1. Sur la dualité primitive du cœur et sur la formation de l'aire vasculaire dans l'embryon de la poule (*Comptes rendus de l'Académie dee sciences*, t. LXIII, p. 603, 1866).

II. — Tératogénie générale.

2. Sur une condition très générale des anomalies de l'organisation (*Comptes rendus*, t. X, p. 1293, 1865).
3. Sur la notion du type en tératologie et sur la répartition des types monstrueux dans l'embranchement des animaux vertébrés (*Comptes rendus*, t. LXIX, p. 925, 1869).
4. Sur l'arrêt de développement considéré comme la cause prochaine des monstruosités simples (*Comptes rendus*, t. LXIX, p. 963, 1869).

III. — Tératogénie spéciale; anomalies et monstruosités simples.

5. Sur l'influence qu'exerce sur le développement du poulet l'application partielle d'un vernis sur la coquille de l'œuf (*Annales des sciences naturelles*, 4ᵉ série, *Zoologie*, t. IV, p. 119, 1855).
6. Sur l'influence qu'exerce sur le développement du poulet l'application totale d'un vernis ou d'un enduit oléagineux sur la coquille de l'œuf (*Annales des sciences naturelles*, 4ᵉ série, *Zoologie*, t. XV, p. 5, 1855).
7. Sur un fait relatif à l'histoire de l'amnios (*Bulletin de la Société de biologie*, 2ᵉ série, t. V, p. 146, 1858).
8. Sur les conditions organiques des hétérotaxies (*Bulletin de la Société de biologie*, 3ᵉ série, t. III, p. 8, 1839).
9. Sur le développement de l'amnios après la mort de l'embryon (*Bulletin de la Société de biologie*, 3ᵉ série, t. I, p. 33, 1859).
10. Sur l'histoire de plusieurs monstres hyperencéphaliens observés chez le poulet (*Annales des sciences naturelles*, 4ᵉ série, *Zoologie*, t. XIII, p. 337, 1860).
11. Sur la production artificielle des monstruosités dans l'espèce de la poule (*Annales des sciences naturelles*, 4ᵉ série, *Zoologie*, t. XVIII, p. 243, 1862).
12. Sur les conditions de la vie et de la mort chez les monstres ectroméliens, célosomiens et exencéphaliens produits artificiellement dans l'espèce de la poule (*Annales des sciences naturelles*, 4ᵉ série, *Zoologie*, t. XX, p. 59, 1863).
13. Sur la production artificielle des monstruosités (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LVII, p. 445, 1863).
14. Sur le mode de production de certaines formes de la monstruosité simple (*Bulletin de la Société de biologie*, 3ᵉ série, t. V, p. 210, 1863).
15. Sur la production artificielle des anomalies de l'organisation (*Comptes rendus*, t. LIX, p. 693, 1864).
16. Sur le développement de l'embryon de la poule à des températures relativement basses (*Mémoire de la Société des sciences de Lille*, 3ᵉ série, t. II, p. 291, 1865).



17. Sur la production artificielle des anomalies (*Comptes rendus*, t. LX, p. 746, 1865).

18. Sur le mode de production de l'inversion des viscères ou de l'hétérotaxie (*Comptes rendus*, t. LX. p. 746, 1865).

19. Sur certaines conditions de la production du nanisme (*Comptes rendus*, t. LX, p. 1214, 1865).

20. Sur le mode de production des monstres anencéphales (*Comptes rendus*, t. LXIII, p. 448, 1866).

21. Sur la production artificielle des monstruosités (*Comptes rendus*, t. LXVI, p. 155, 1868).

22. Sur le mode de formation des monstres syméliens (*Comptes rendus*, t. LXVI, p. 185, 1868).

23. Sur l'inversion des viscères et la possibilité de sa production artificielle (*Comptes rendus*, t. LXVII, p. 485, 1868).

24. Sur le développement de l'embryon à des températures relativement basses et sur la production artificielle des monstruosités (*Comptes rendus*, t. LXIX, p. 286, 1869).

25. Sur le développement de l'embryon à des températures relativement élevées (*Comptes rendus*, t. LXIX, p. 420, 1869).

26. Sur la production artificielle de l'inversion des viscères (*Comptes rendus*, t. LXX, p. 761, 1869).

27. Sur l'anémie des embryons (*Archives de zoologie expérimentale*, t. I, p. 169, 1872).

IV. — Tératogénie spéciale : diplogénèses et monstruosités doubles.

28. Sur l'histoire physiologique des œufs à double germe et sur les origines de la duplicité monstrueuse chez les oiseaux (*Annales des sciences naturelles*, 4e série, *Zoologie*, t. XVII, p. 31, 1861).

29. Sur l'origine et le mode de formation des monstres doubles à double poitrine (*Comptes rendus*, t. LVII, p. 685, 1863).

30. Sur les origines de la monstruosité double chez les oiseaux (*Annales des sciences naturelles*, 5e série, *Zoologie*, t. XI, p. 42, 1864).

31. Sur les œufs à double germe et sur les origines de la duplicité monstrueuse chez les oiseaux (*Comptes rendus*, t. LX, p. 562, 1865).

32. Sur l'origine et le mode de développement des monstres omphalosites (*Comptes rendus*, t. LXI, p. 49, 1865).

33. Sur le mode de formation des monstres doubles à union antérieure ou à double poitrine (*Comptes rendus*, t. LXIX, p. 722, 1869).

34. Sur l'origine et le mode de développement des monstres omphalosites (*Comptes rendus*, t. LXXVII, p. 924, 1873).

35. Sur l'origine et le mode de formation des monstres doubles (*Archives de zoologie expérimentale*, t. III, p. 74, 1874).

36. Sur les monstres doubles. Communications faites à la Société d'anthropologie à propos du monstre double Millie Christine (*Bulletin de la Société d'anthropologie de Paris*, 2e série, 1873, t. VIII, p. 880, 893; 1874, t. IX, p. 14, 147, 321).

V. — Tératologie.

37. Sur un chat iléadelphe à tête monstrueuse (*Annales des sciences naturelles*, 3e série, *Zoologie*, t. XVIII, p. 81, 1852).

38. Sur un nouveau genre de monstruosité double appartenant à la famille des polygnathiens (*Annales des sciences naturelles*, 4ᵉ série, *Zoologie*, t. XI, p. 5, 1859).

39. Sur un poulet monstrueux appartenant au genre hétéromorphe (*Mémoire de la Société de biologie*, 3ᵉ série, t. IV, p. 251, 1852).

40. Sur un monstre simple dans la région moyenne, double supérieurement et nférieurement (*Comptes rendus*, t. LVII, p. 445, 1863).

41. Sur un veau monstrueux (*Archives du comice agricole de Lille*, 1864).

42. Sur les caractères de la race des poules polonaises (*Mémoire de la Société impériale de Lille*, 3ᵉ série, t. I, p. 733, 1864).

43. Sur un veau monstrueux (*Archives du Comice agricole de l'arrondissement de Lille*, 1867).

44. Sur le mode de production de certaines races d'animaux domestiques (*Comptes rendus*, t. LXIV, 423, 743 et 1101, 1867. — T. LXVIII, p. 733, 1869).

VI. — Ovologie.

45. Sur les moyens de s'assurer de la fécondation des œufs de gallinacés (*Bulletin de la Société d'acclimatation*, t. IX, 1862, p. 933).

46. Sur les caractères qui distinguent la cicatricule féconde de la cicatricule inféconde (*Comptes rendus*, t. LIX, p. 255, 1864).

47. Sur les œufs clairs (*Bulletin de la Société d'acclimatation*, 3ᵉ série, t. III, nᵒ 1, 1876).

Enfin j'ai publié en 1873, dans les *Archives de zoologie expérimentale*, t. II, p. 409, sous ce titre : *Mémoire sur la tératogénie expérimentale*, un résumé général de mes recherches tératogéniques. Ce mémoire contient l'ensemble des considérations que j'ai déduites des faits décrits dans tous les mémoires précédents, considérations que je développe dans l'ouvrage actuel.

III. — INDICATION DES NOUVEAUX MÉMOIRES QUE J'AI PUBLIÉS SUR LA TÉRATOGÉNIE DEPUIS LA PUBLICATION DE LA PREMIÈRE ÉDITION DE MON LIVRE.

I. — Embryogénie normale.

1. Sur quelques faits relatifs à la nutrition de l'embryon dans l'œuf de la poule (*Comptes rendus*, t. LXXXIII, p. 836, 1876).

2. Sur la formation du cœur chez le poulet (*Comptes rendus*, t. LXXXIII, p. 1295, 1876).

3. Sur la suspension des phénomènes de la vie dans l'embryon de la poule (*Comptes rendus*, t. LXXXVI, p. 723, 1878).

4. Sur la suspension des phénomènes de la vie dans l'embryon de la poule (*Comptes rendus*, t. LXXXVII, p. 1043, 1878).

II. — Tératogénie spéciale : anomalies et monstruosités simples.

5. Sur le mode de formation de la cyclopie (*Comptes rendus*, t. LXXXIV, p. 1038, 1877).



6. Sur un nouveau type de la monstruosité simple, l'omphalocéphalie ou hernie ombilicale de la tête (*Comptes rendus*, t. LXXXIV, p. 1077, 1877).

7. Sur l'absence totale de l'amnios dans les embryons de poule (*Comptes rendus*, t. LXXXVIII, p. 132, 1879).

8. Sur le mode de formation de la fissure spinale (*Comptes rendus*, t. LXXXIX, p. 1402, 1879).

9. Sur le mode de formation des monstres otocéphaliens (*Comptes rendus*, t. XC, p. 191, 1880).

10. Sur le rôle de l'amnios dans la production des anomalies (*Comptes rendus*, t. XCIV, p. 173, 1882).

11. Sur une anomalie de l'œil (*Comptes rendus*, t. XCV, p. 44, 1882).

12. Sur les anomalies des membres et sur le rôle de l'amnios dans leur production (*Journal de l'Anatomie et de la Physiologie* de Robin et Pouchet, t. XVIII, p. 310, 1882).

13. Sur l'adhérence d'une tumeur frontale avec le jaune observée chez un jeune casoar, mort dans la coquille au moment de l'éclosion (*Comptes rendus*, t. XCVI, p. 860, 1883).

14. Sur la viabilité des embryons monstrueux de l'espèce de la poule (*Comptes rendus*, t. XCVII, p. 1662, 1883).

15. Sur quelques points de tératogénie en réponse à un travail récent de MM. Fol et Warynski (*Archives de Zoologie expérimentale et générale* de M. de Lacaze-Duthiers. 2e série, t. II, p. 126, 1884).

III. — Tératogénie spéciale : diplogénèses et monstruosités doubles.

16. Sur le mode de formation des monstres doubles xiphopages (*Extrait d'une lettre à M. le docteur Bugnion, de Lausanne, dans la Revue médicale de la Suisse romande*, 1882, n° 2).

17. Sur le mode de formation des monstres doubles (*Comptes rendus*, t. CIV, p. 715, 1887).

IV. — Tératologie.

18. Sur un cas de cébocéphalie avec complication d'anencéphalie partielle observé chez un poulain (*Journal de l'Anatomie et de la Physiologie* de Robin et Pouchet, t. II, 1885).

19. Sur l'origine des races chez les animaux domestiques, dans la *Bibliothèque de l'École des hautes études, section des Sciences naturelles*, t. XXXVI, n° 4, 1888.

IV. — Détermination des conditions physiologiques et physiques de l'évolution normale et anormale de l'embryon dans l'incubation artificielle des œufs de poule.

20. Sur l'évolution de l'embryon dans les œufs mis en incubation dans l'eau chaude (*Comptes rendus*, t. LXXXVIII, p. 1405, 1879).

21. Sur le développement de végétations cryptogamiques à l'extérieur et à l'intérieur des œufs de poule (*Comptes rendus*, t. CXIV, p. 46, 1882).

22. Sur la production des monstres dans l'œuf de la poule par l'effet de l'incubation tardive (*Comptes rendus*, t. XCV, p. 254, 1882).

23. Sur la production des monstres dans l'œuf de la poule par l'incubation tardive (*Comptes rendus*, t. XCVI, p. 444, 1883).

24. Sur la production des monstruosités par les secousses imprimées aux œufs de poule (*Comptes rendus*, t. XCVI. p. 511, 1883).

25. Sur l'incubation des œufs de poule dans l'air confiné et sur le rôle de la ventilation dans l'évolution embryonnaire (*Comptes rendus*, t. XCVIII, p. 924, 1884).

26. Sur le rôle physiologique du retournement des œufs pendant l'incubation (*Comptes rendus*, t. C, p, 834, 1885).

27. Sur l'influence des secousses sur le germe de l'œuf de la poule, pendant la période qui sépare la ponte de la mise en incubation (*Comptes rendus*, t. CI, p. 813, 1885).

28. Sur quelques faits relatifs à l'incubation artificielle (*Revue des Sciences naturelles appliquées*. p. 169, 188).

Ces diverses notes ont été résumées, 1° dans un travail lu à la Société d'acclimatation, et ayant pour titre : *Études expérimentales sur l'incubation* (*Bulletin de la Société d'acclimatation*, 3e série, t. X. p. 137, 1883; et 4e série, t. I, p. 1, 1884); 2° dans un mémoire ayant pour titre : *Détermination des conditions physiologiques et physiques de l'évolution normale de l'embryon de la poule*. Mémoire présenté le 16 août 1886 à l'association française pour l'avancement des sciences. (*Congrès de Nancy. Comptes rendus de la 16e section* p. 553).

PREMIÈRE PARTIE

DÉTERMINATION DES CONDITIONS
DE L'ÉVOLUTION NORMALE ET DE L'ÉVOLUTION ANORMALE
DE L'EMBRYON DE LA POULE

CHAPITRE I

PRODUCTION ARTIFICIELLE DES ANOMALIES ET DES MONSTRUOSITÉS.

SOMMAIRE. 1° Action du milieu sur l'évolution de l'embryon. — 2° Méthodes tératogéniques. — 3° Résultats généraux des expériences.

§ 1

Le premier problème à résoudre dans mes recherches sur la tératogénie était la création même des éléments de ces recherches, en d'autres termes, la production artificielle des anomalies et des monstruosités. Je l'ai résolu en modifiant certaines conditions de l'évolution des œufs de poule que je soumettais à l'incubation artificielle. C'est là le résultat le plus important de mes études; il démontre, d'une manière complète, la possibilité de modifier l'évolution d'un être en voie de formation.

Le germe contenu dans l'œuf de la poule n'évolue et ne se transforme en embryon, puis en poulet, que sous l'influence de l'incubation, c'est-à-dire d'agents extérieurs. Ce fait est connu de tout temps. Et cette transformation de germe n'est point un simple fait d'augmentation de volume, comme le pensaient les partisans de la préexistence; c'est en réalité la formation incessante d'éléments organiques, formation très active au début, mais qui persiste, bien que très ralentie, pendant toute la vie, et ne s'arrête qu'à la mort. L'évolution normale dépend donc entièrement du monde extérieur, et de l'action combinée des éléments physiques et chimiques qui le composent, sur le germe. Mais en est-il de même de l'évolution anormale?

On pouvait croire, tout d'abord, que l'évolution de l'animal, suivant une direction qui lui est imprimée par la fécondation, ne pouvait être modifiée, et que la mort du germe ou de l'embryon qu'il a produit serait la conséquence nécessaire d'une modification quelconque des conditions extérieures. Telle était la pensée de Wolff et de Meckel, qui, tout en rejetant la doctrine de la préexistence, admettaient cependant que le germe anormal était virtuellement tel dès l'époque de la fécondation. L'expérience a prouvé qu'il en est autrement. Et Geoffroy Saint-Hilaire, et c'est là l'un de ses plus beaux titres scientifiques, a montré que l'embryon se modifie, et qu'il devient anormal ou monstrueux par

une modification des conditions extérieures qui produisent l'évolution normale.

Mais Geoffroy Saint-Hilaire n'était pas allé plus loin. Ainsi que je l'ai dit déjà, il avait signalé le fait; il n'avait pas cherché à en tirer parti pour constituer la tératogénie. Dans cette voie qu'il avait ouverte, mais dans laquelle il n'était pas entré, tout était donc à faire. Je m'y suis engagé en me proposant l'étude des deux questions suivantes : 1° Déterminer par l'expérience les conditions de l'évolution anormale. 2° Faire connaître l'évolution des êtres anormaux produits dans ces expériences.

Évidemment, dans l'ordre logique, la première question devait précéder la seconde. Mais, pendant longtemps, et par suite de l'imperfection des appareils dont je me servais au début, j'ai produit un nombre très grand d'anomalies et de monstruosités sans pouvoir me rendre un compte exact des procédés qui m'avaient servi pour les produire. Ce n'est que lorsque j'ai mis en œuvre des appareils d'incubation marchant avec une exactitude rigoureuse que j'ai pu aborder la question fondamentale de mes recherches, celle qui en aurait dû être le point de départ.

Je me proposais de déterminer les conditions de l'évolution anormale et de la production des anomalies et des monstruosités. Mais cette étude impliquait nécessairement la connaissance des conditions de l'évolution normale; connaissance sur laquelle on ne possédait que des données entièrement empiriques, et, par conséquent, tout à fait insuffisantes. Sans doute Réaumur, au siècle dernier, avait fait un nombre considérable d'expériences pour établir les bases scientifiques de l'incubation artificielle, dont il cherchait à faire une industrie. Mais alors la chimie, la physique et la physiologie étaient trop peu avancées pour permettre l'accomplissement d'un pareil projet. Le livre qu'il publia en 1749 sur l'incubation artificielle [1], bien que contenant un nombre très considérable de faits de détail observés avec une grande sagacité et pouvant, par conséquent, éclairer la pratique dans bien des cas, ne répond que très imparfaitement aux questions que je me posais. Il fallait donc reprendre dans son ensemble l'étude des conditions de l'évolution normale et de l'évolution anormale de l'embryon.

[1] Réaumur, *Art de faire éclore et d'élever en toute saison des oiseaux domestiques de toutes espèces, soit par le moyen de la chaleur du fumier, soit par le moyen de celle du feu ordinaire ;* Paris, 1749.



Or c'était un immense travail. La connaissance scientifique de l'incubation artificielle ne peut résulter que de la solution d'un nombre considérable de questions partielles. D'ailleurs les expériences qu'elles nécessitent sont parfois très longues, puisqu'elles exigent une durée de trois semaines quand on veut les conduire jusqu'à l'éclosion. Elles sont également presque impossibles pendant la saison froide, par suite de la difficulté que l'on éprouve alors à se procurer des œufs fécondés. C'est ce qui explique comment, bien que j'aie travaillé sans interruption depuis la publication de la première édition de ce livre, je n'ai pu cependant terminer encore l'œuvre que j'ai entreprise. Je comptais faire de ce nouveau travail l'objet d'un ouvrage spécial. Ne pouvant actuellement donner suite à ce projet, je me décide à publier, en tête de cette seconde édition, l'ensemble des résultats que j'ai déjà obtenus [1].

Les expériences que j'ai accomplies dans ce but fourniront incontestablement des indications très utiles aux personnes qui s'occupent de l'incubation artificielle. Mais, tout en éclairant la pratique, elles ont une importance scientifique beaucoup plus grande. Elles nous apprennent comment on obtient des embryons normaux et comment on produit des embryons anormaux. Elles démontrent, par conséquent, la possibilité de modifier l'organisation d'un être vivant pendant sa formation. C'est le premier essai tenté pour l'établissement d'une branche entièrement nouvelle de la biologie zoologique, l'étude de l'action du monde extérieur ou de ce que l'on appelle le *milieu* sur la formation des organismes animaux [2].

On a souvent parlé, dans ces derniers temps, de l'action des milieux; mais, jusqu'à présent, on n'en a point fait l'objet d'une étude véritablement scientifique. Et il ne pouvait guère en être autrement. Tant

[1] J'ai fait connaître les premiers résultats de ces recherches: 1° dans un mémoire lu à la Société d'acclimatation le 19 janvier et le 17 décembre 1883, mémoire qui a pour titre: *Études expérimentales sur l'incubation*, et qui est publié *dans le Bulletin de la Société d'acclimatation*, 3e série, t. X, p. 137, et 4e série, t. I, p. 1; 2° dans un mémoire ayant pour titre: *Détermination des conditions physiologiques et physiques de l'évolution normale de l'embryon de la poule;* mémoire présenté le 16 août 1886 à l'Association française pour l'avancement des sciences. *Congrès de Nancy. Comptes rendus de la* 18° *section*, p. 553.

[2] La botanique est, à cet égard, de beaucoup en avance sur la zoologie. L'agriculture et surtout l'horticulture reposent entièrement sur la connaissance des milieux. L'action des milieux sur les différentes phases de la végétation a donc attiré depuis longtemps l'attention des botanistes, et est devenue le sujet d'un nombre considérable de travaux scientifiques. Il n'en est pas de même pour la zoologie.

que l'on a ignoré les faits embryogéniques, on n'a considéré l'influence des milieux que comme s'exerçant sur les êtres adultes. Or sur ces êtres cette influence, bien que très réelle, n'agit que dans des limites fort restreintes [1]. Pour bien comprendre le rôle des milieux en biologie, il faut l'étudier dans l'évolution des germes et la formation des embryons, car c'est là que leur action est tout à fait prépondérante.

Or cette étude de l'influence des milieux ne doit pas s'appliquer seulement à l'espèce de la poule, dans laquelle j'ai cru devoir me renfermer. Elle s'étend à toutes les espèces ovipares; et même, dans une certaine mesure, aux espèces vivipares, quoique alors elle ne s'exerce, pendant les premiers temps de la vie, que par l'intermédiaire de l'organisme maternel. La question embrasse donc l'animalité tout entière. Mais elle ne peut être étudiée d'une manière générale; car il est bien évident que les conditions extérieures de l'évolution varient avec les différents types. Elle doit donc faire l'objet d'un grand nombre d'études monographiques spéciales, dans lesquelles on cherchera à déterminer les conditions de l'évolution normale et anormale pour chaque groupe bien défini du règne animal.

Je serais heureux si ces paroles pouvaient donner à quelqu'un de mes lecteurs la pensée de me suivre dans une voie qui les conduirait sûrement à d'importantes découvertes.

§ 2

L'évolution anormale de l'embryon de la poule est très fréquente dans l'incubation artificielle, et même aussi dans l'incubation natu-

[1] « Sous l'action du froid ou du chaud, les animaux se vêtissent ou se dévêtissent. Le Yack du Thibet et la chèvre du même pays perdent, sous notre climat, le duvet qui, dans leur haute patrie, leur permet de résister à l'inclémence des saisons.

« Les moutons à poil ras du Sénégal et du Sahara (moutons Morvan de Buffon), que nous appelons moutons sans laine, souffrent du froid qui suit leur importation. A la saison suivante, sous le poil se montre un duvet très fin et qui par places, sur le dos, les cuisses, les épaules, dépasse le pelage normal. Au troisième hiver, le mouton dit sans laine porte une demi-toison.

« Quant aux agneaux, nés sous notre climat, de ces bêtes ovines, tout en conservant les caractères de leur race, ils sont, dès le premier hiver, pourvus de ce duvet, de cette toison protectrice. »

ALBERT GEOFFROY SAINT-HILAIRE, *Bulletin de la Société d'acclimatation*, 4e série, t. III, p. 114, 1886.



relle; elle est même plus fréquente que l'évolution anormale de l'embryon des mammifères. Mais ce fait passe généralement inaperçu; tandis que l'embryon anormal ou monstrueux de la classe des mammifères arrive ordinairement jusqu'à l'époque de la naissance [1]. Comment se fait-il que les monstres ornithologiques aient été, sauf de très rares exceptions, presque complètement ignorés des physiologistes?

On rencontre souvent des œufs qui n'éclosent point, et dans lesquels, à la vue simple, on n'aperçoit aucune trace d'embryon. On les désigne sous le nom d'*œufs clairs*. L'origine de ces œufs clairs est très diverse.

Le germe, contenu dans l'œuf, peut être frappé de mort et plus ou moins désorganisé avant la mise en incubation. Tel est le cas des œufs non fécondés, soit que la poule ait été privée de l'influence du coq, soit que, comme cela arrive souvent, certains œufs aient échappé à l'action de la fécondation. Le germe, même fécondé, meurt un certain temps après la ponte, lorsqu'il n'a pas été mis en incubation. Enfin, comme je l'ai constaté depuis longtemps, le germe fécondé, et non soumis à l'incubation, commence à se développer à une température peu élevée (28° à 30°); mais son évolution s'arrête rapidement, et alors il se désorganise et meurt.

Mais l'absence d'éclosion peut aussi se produire pour des œufs dont le germe était fécondé et vivant. Cela tient à la mort de l'embryon. Dans beaucoup de cas, l'embryon périt de très bonne heure, pendant la première semaine de l'incubation, souvent du deuxième au quatrième jour. Alors l'embryon se désorganise et se détruit plus ou moins complètement, tellement qu'au bout des vingt-et-un jours de l'incubation il n'est ordinairement plus possible de reconnaître les traces de son existence. Pour constater ces faits de mort précoce, il faut ouvrir, pendant la première semaine, les œufs dans lesquels le mirage n'a pas fait voir d'embryons vivants. L'examen de ces

[1] Il est possible cependant que chez les mammifères et dans l'espèce humaine, les embryons anormaux soient aussi nombreux que chez les oiseaux. J'ai lieu de croire que les œufs abortifs contiennent souvent des embryons monstrueux, et que la mort précoce de l'embryon amène fréquemment leur expulsion prématurée. Je soumets cette question aux accoucheurs. Je puis signaler à cette occasion un fait sur lequel je reviendrai plus tard. C'est sur un embryon abortif provenant de l'espèce humaine, et dont je devais la connaissance à mon ami le Dr Ernest Martin, que j'ai pu bien étudier, pour la première fois, l'origine du *Spina bifida*.



embryons montre qu'ils sont presque tous monstrueux[1]. On verra plus tard que la monstruosité est la cause de cette mort précoce.

On comprend donc comment ces faits, bien que très fréquents, échappent le plus ordinairement aux personnes étrangères à la science. Je les ai constatés depuis longtemps. Ce sont des faits de ce genre qui ont fourni à Panum, il y a une trentaine d'années, presque tous les éléments dont il s'est servi pour écrire son livre sur le mode de formation des monstruosités[2].

D'où proviennent ces formes anormales? Et comment se substituent elles aux formes normales que l'on s'attend tout d'abord à voir se produire dans l'incubation naturelle ou artificielle? Or, il est évident, avant toute étude, que l'on peut s'en rendre compte de deux manières différentes: soit par une modification peu intense des conditions de l'évolution normale (car une modification d'une certaine intensité tuerait l'embryon); soit par l'intervention de causes accidentelles qui n'agissent point dans les circonstances ordinaires.

La formation des monstres doit donc être attribuée à un grand nombre de causes différentes.

On doit admettre tout d'abord que, dans certains cas, le germe est déjà modifié au moment de la ponte. C'est ce qui arrive, par exemple, pour les monstruosités héréditaires, et aussi, très probablement, pour les monstruosités doubles ou plus que doubles.

Le germe peut être modifié pendant la période qui s'écoule entre la ponte et l'incubation. Enfin il peut être modifié pendant l'incubation.

Nous ne possédons actuellement aucun procédé pour modifier le germe avant la ponte. Mais nous pouvons agir sur lui après la ponte Et alors toutes les modifications possibles des conditions de l'évolution normale produiront l'évolution anormale. Chacune de ces modi-

[1] Il est évident, en effet, que les embryons peuvent mourir dans l'œuf, sans être monstrueux, s'ils sont atteints par des causes extérieures. C'est ce qui arrive, par exemple, dans l'incubation artificielle, lorsque la température de la couveuse s'élève au-dessus d'un certain degré, pendant un certain temps. On attribue, depuis l'antiquité, aux décharges électriques de l'atmosphère, la propriété de tuer les embryons pendant l'incubation. Or, cette opinion, dont je n'ai pu moi-même vérifier l'exactitude, est trop généralement répandue pour ne pas reposer sur des faits réels. Mais j'ai pu m'assurer que des bruits ou des vibrations très intenses font périr les embryons pendant l'incubation. Toutefois j'ai la conviction que ces causes de mort sont peu nombreuses et que la principale est la monstruosité.

[2] PANUM, *Untersuchungen über die Entstehung der Missbildungen*, Vorwort.



fications pourra donc devenir le point de départ d'une méthode tératogénique.

J'ai constaté qu'avant l'incubation, le germe peut être modifié par une condition physiologique, son âge, c'est-à-dire le temps écoulé depuis la ponte, et par une cause physique, les secousses imprimées à l'œuf qui le contient.

Signalons maintenant les procédés tératogéniques applicables pendant l'incubation.

La condition essentielle de l'évolution du germe est la chaleur. J'ai produit des monstres en soumettant l'embryon à des températures un peu supérieures ou un peu inférieures à celles qui déterminent l'évolution normale. Il y a là une méthode tératogénique d'un emploi très facile. On verra, plus tard, pourquoi je l'emploie maintenant de préférence aux autres.

J'ai également obtenu l'évolution anormale en échauffant inégalement la surface de l'œuf.

La respiration de l'embryon est une condition secondaire, il est vrai, mais cependant indispensable, de l'évolution. J'ai donc modifié l'évolution en modifiant les conditions de la respiration.

La seule cause accidentelle que j'ai fait intervenir pour produire l'évolution anormale a été la position verticale des œufs. Il n'est pas nécessaire d'insister sur le nombre indéfini de procédés tératogéniques que l'on peut obtenir ainsi.

Les méthodes que j'ai mises en œuvre pour produire des monstres ne sont assurément pas les seules méthodes possibles. On peut évidemment en imaginer beaucoup d'autres. L'invention de nouveaux procédés tératogéniques serait intéressante sans doute, parce qu'elle ferait connaître l'influence, encore inconnue, de certains agents extérieurs sur l'évolution embryonnaire. Mais, ainsi que je le montrerai plus tard, elle ne nous donnerait pas, selon toute apparence, des anomalies autres que celles que j'ai produites par les quatre méthodes que je viens d'indiquer.

Une condition générale de l'emploi de ces méthodes, c'est qu'elles doivent agir sur le germe, au moment même de la mise en incubation. J'ai appris, par leur emploi, que les anomalies les plus graves, celles qui atteignent le plus profondément l'embryon, apparaissent au début de l'évolution, pendant les quatre premiers jours de l'incubation.

Cela s'explique facilement. La tératogénie n'est qu'une embryogénie

modifiée. Or, c'est pendant les quatre premiers jours que les faits embryogéniques ont leur plus grande intensité, si l'on peut parler ainsi. A la fin du quatrième jour les organes sont presque tous formés, au moins en ébauche; ils ne peuvent plus être atteints par les causes tératogéniques que dans des limites très restreintes. Aussi, bien que les faits embryogéniques se continuent jusqu'au terme de l'incubation, leur modification après le quatrième jour ne peut plus donner lieu qu'à des anomalies relativement légères.

Cela explique la plupart des insuccès des physiologistes qui ont cherché à produire des monstres en modifiant, par un procédé quelconque, l'évolution déjà commencée. Les anomalies qu'ils ont parfois obtenues dans ces expériences, mais non d'une manière constante, provenaient très probablement d'une cause tout autre que celles qu'ils avaient fait intervenir.

Et cette cause n'aurait-elle pas agi sur le germe avant la mise en incubation? J'ai indiqué l'âge des œufs et les secousses imprimées à l'œuf comme des causes tératogéniques très actives. Tant que l'on a ignoré ces causes, dont j'ai fait la découverte depuis quelques années, et que l'on n'a pas cherché à se préserver des erreurs qu'elles pouvaient introduire dans l'interprétation des expériences, on a pu attribuer la formation des monstres à la modification d'une évolution déjà normalement commencée.

Cette considération s'applique aux essais d'Et. Geoffroy Saint-Hilaire, qui ne faisait intervenir, comme il le dit lui-même, ses méthodes tératogéniques (secousses, perforations, vernissage) qu'après trois jours d'incubation.

Elle s'applique également à une méthode tératogénique imaginée par Panum, et consistant dans le refroidissement d'œufs dont l'incubation avait commencé dans les conditions ordinaires. Il retirait les œufs de la couveuse après un, deux ou trois jours d'incubation dans les conditions normales, et les laissait exposés, pendant quelques heures, à la température de l'air ambiant[1]. En agissant ainsi, il a obtenu quelquefois des monstres. Mais le plus ordinairement, les embryons continuaient à se développer quand il les replaçait dans la couveuse, ou bien ils mouraient. Or, j'ai fait, dans ces dernières années, des expériences qui m'ont appris que le refroidissement des œufs au quatrième jour de l'incubation, même prolongé pendant deux jours, amène

[1] PANUM, *Untersuchungen*, etc., p. 140 et suiv.



seulement la suspension momentanée des manifestations de la vie, manifestations qui reprennent lorsque l'on replace les œufs dans la couveuse. Ces faits ont complètement échappé à Panum. Ce n'est que très exceptionnellement que j'ai rencontré, dans ces conditions, de véritables faits tératologiques.

Je puis en dire autant d'une méthode employée par Lombardini, et qui consistait à soumettre des œufs déjà incubés depuis quelque temps à l'action de courants électriques[1]. Les monstres qu'il a parfois obtenus en agissant ainsi ne devaient-ils pas leur origine à des causes différentes?

Évidemment je ne puis ici qu'émettre un doute. On ne peut contester les résultats d'une expérience qu'en la refaisant et en cherchant à se mettre à l'abri de toutes les causes d'erreur. Je me contente, pour le moment, de dire que les expériences de Panum et celles de Lombardini peuvent recevoir une interprétation tout autre que celle qu'ils leur ont attribuée.

Je ne mentionne que pour mémoire les expériences faites par divers auteurs, en ouvrant la coquille de l'œuf et en provoquant directement des lésions de l'embryon à l'aide d'un scalpel ou d'un thermocautère. Les faits obtenus par ces procédés chirurgicaux sont de l'ordre pathologique, et non de l'ordre tératologique. Peut-on dire qu'on a produit un monstre acéphale parce que l'on a frappé de mort, par l'emploi d'une chaleur intense, l'extrémité céphalique d'un embryon? Toutefois, MM. Fol et Warynski, en perfectionnant cette méthode, ont dans certains cas modifié l'évolution embryonnaire. Je ferai connaître plus loin les résultats qu'ils ont ainsi obtenus.

§ 3

Avant d'étudier complètement les méthodes tératogéniques dont je me suis servi, et qui m'ont procuré les éléments de mes recherches sur l'embryogénie tératologique, je dois signaler tout d'abord deux faits très généraux, que j'ai constatés par leur emploi et qui dominent en réalité la tératogénie tout entière.

1° Les mêmes anomalies peuvent être produites par les conditions les plus différentes. Toutes les méthodes dont je me suis servi, quelque diverses qu'elles soient, m'ont donné cependant les mêmes faits

[1] LOMBARDINI, *Forme organiche*, etc., p. 75 et suiv.

tératologiques. Il n'y a donc pas une relation nécessaire entre l'emploi d'une certaine condition physiologique ou physique, et la production d'une certaine modification de l'organisme.

Ce n'est que très exceptionnellement et par l'emploi d'un seul procédé, l'échauffement inégal des œufs, que j'ai pu provoquer à volonté l'apparition de certaines anomalies. Mais les anomalies ainsi produites sont peu graves, et consistent uniquement en de très légers changements de forme du blastoderme et de l'aire vasculaire; elles n'ont pas atteint l'embryon lui-même. J'ai lieu de croire, il est vrai, que l'inversion des viscères peut apparaître dans certaines conditions déterminées; mais je n'ai pu encore m'en assurer d'une manière définitive.

2° Bien que les embryons soumis à l'action de causes physiques identiques présentent, en général, les mêmes anomalies, on en trouve presque toujours quelques-uns dont l'évolution se fait d'une manière différente, soit qu'elle aboutisse à d'autres anomalies, soit qu'elle conserve le type normal. On voit donc que dans ce cas, comme dans le précédent, il n'y a aucune relation nécessaire entre la cause modificatrice et la nature des modifications produites.

Ces deux faits généraux peuvent, à première vue, sembler étranges et même contradictoires. Il importe d'en faire comprendre la véritable signification, et de montrer comment ils doivent se concilier.

Une des conséquences les plus générales de mes recherches, c'est que les monstruosités simples, les seules que j'ai produites artificiellement, quelque variées qu'elles soient, ont presque toujours un même fait initial : un arrêt de développement de l'embryon lui-même ou de ses annexes. Le livre actuel est la démonstration complète de cette proposition. Toutes les causes qui produisent les monstres simples, quelle que soit leur nature, agissent donc de la même manière, en troublant l'évolution, en l'empêchant de donner les résultats qu'elle produit lorsqu'elle est soumise à ses conditions ordinaires. Les différents types de la monstruosité simple ne dépendent donc pas de la nature même des causes tératogéniques; mais de l'époque à laquelle elles agissent sur le germe, de leur intensité, et très probablement aussi, quoique je n'en aie pas actuellement la preuve, de la durée de leur action. En d'autres termes, ces causes ne sont point, comme on le dit en médecine, des causes *spécifiques*, puisqu'elles ne produisent point des effets déterminés : ce sont seulement des causes perturbatrices, qui empêchent plus ou moins complètement la mise en jeu de

l'activité propre du germe ou de certaines de ses parties; action qui se manifeste par l'apparition des phénomènes embryogéniques.

Pour bien faire comprendre ma pensée à cet égard, je rappellerai un fait bien connu de tous les physiologistes, et qui domine, en réalité, la physiologie tout entière. L'activité des nerfs et celle des muscles, absolument univoques dans leurs manifestations, sont mises en jeu par les causes les plus diverses (physiologiques, thermiques, électriques, mécaniques et chimiques). Et de même leur excitabilité peut être amoindrie, et parfois abolie, par les causes également les plus diverses. Il en est ainsi pour l'évolution qui résulte uniquement de l'activité propre des germes éveillée par un agent physique, la chaleur. Les causes tératogéniques, quelque variées qu'elles soient, n'agissent le plus ordinairement qu'en entravant plus ou moins complètement la mise en jeu de cette activité.

La conséquence de ce premier fait, c'est que les méthodes tératogéniques, quelque diverses qu'elles soient, agissent cependant toujours de la même manière. C'est pourquoi, non seulement je n'ai pas cherché à les multiplier en imaginant des méthodes nouvelles; mais j'ai fini par me borner à l'emploi d'une seule, la plus facile et la plus sûre, celle qui consistait à produire les anomalies par l'emploi de températures un peu supérieures ou un peu inférieures à celles qui donnent l'évolution normale.

Il semble beaucoup plus difficile de comprendre comment une même cause tératogénique, agissant simultanément sur des œufs placés dans les mêmes conditions, ne produit pas toujours les mêmes anomalies; comment, en d'autres termes, je suis sûr, en agissant d'une certaine façon, de produire une monstruosité quelconque, tandis que je ne puis pas produire une monstruosité déterminée.

On est parti de ce fait pour amoindrir la valeur de mes travaux, pour en contester le caractère scientifique. La science expérimentale, m'a-t-on dit, repose entièrement sur ce principe, qu'une cause quelconque doit toujours produire les mêmes effets, lorsqu'elle agit dans les mêmes conditions. Si tel n'est pas le résultat de vos expériences, vous ne faites pas de la science.

En théorie, le principe est incontestablement vrai. Dès l'origine de la science tous les expérimentateurs l'ont admis, sinon explicitement, du moins implicitement. Mais il faut ajouter que ce principe suppose une condition absolument nécessaire : l'identité complète des objets mis en expérience. Quand cette identité cesse d'exister, quand elle est rem-

placée par une similitude, même aussi grande que possible, les résultats de l'expérience sont, par cela même, plus ou moins modifiés. Or, même dans le monde physique, il est à peu près impossible d'obtenir l'identité absolue des objets mis en expérience. C'est bien autre chose dans le monde de la vie. Deux individus d'une même espèce ne sont jamais identiques. Et comment le seraient-ils puisque, d'un moment à l'autre, un individu n'est jamais complètement identique à lui-même, et que la vie ne se manifeste que par un perpétuel changement? Tout ce que nous pouvons faire dans les expériences, c'est de choisir les individus les plus semblables, c'est d'éliminer ceux qui, pour une cause ou pour une autre, s'écartent notablement du type spécifique. En agissant ainsi, nous nous rapprocherons de plus en plus de la vérité scientifique, mais nous ne l'atteindrons jamais. Demander plus, c'est demander l'impossible. La science n'est, elle ne peut être, qu'une approximation de la vérité.

L'obstacle que nous rencontrons, que nous rencontrerons toujours en physiologie, c'est donc le fait de l'individualité de l'être vivant. Il domine toutes les études de tératogénie. Nous devons l'examiner de près. Je le ferai dans le chapitre suivant.

CHAPITRE II

INDIVIDUALITÉ DU GERME

SOMMAIRE. 1° Individualité de l'animal adulte. — 2° Individualité du germe. — 3° Constitution du germe. — 4° Variétés de l'œuf. — 5° Tendances héréditaires.

§ 1

Les individus adultes d'une même espèce, quelque semblables qu'ils soient, ne sont jamais identiques; ils présentent toujours des différences appréciables. Ces différences sont de divers ordres. Tantôt elles ne dépassent pas le type spécifique, et consistent simplement en des modifications peu importantes de volume, de forme, de coloration. C'est ce que l'on appelle des *nuances*. Tantôt elles dépassent le type spécifique, et constituent de véritables *anomalies* qui présentent tous les degrés possibles, depuis les *variétés* les plus légères jusqu'aux monstruosités les plus graves[1].

En outre, dans toutes les espèces où les sexes sont séparés chez des individus différents, la sexualité ne se manifeste pas seulement par la nature des organes reproducteurs; mais elle imprime son cachet sur tout l'organisme. Le type spécifique général se scinde en deux types subordonnés, le type mâle et le type femelle, types assez différents, dans beaucoup d'espèces, pour avoir été considérés pendant longtemps comme des types spécifiques distincts.

Ces différences, qui portent sur des faits anatomiques, sont en rapport avec des différences physiologiques. Sans aucun doute, les phénomènes essentiels de la vie sont, au fond, les mêmes chez tous les individus d'une même espèce; puisqu'ils le sont chez toutes les espèces d'un même genre, d'un même ordre, d'une même classe. Mais les différences individuelles des organes entraînent nécessairement des différences individuelles dans la manière dont ils agissent. En d'autres termes, chaque individu a son mode propre de vie, qui n'est jamais absolument le même que celui des autres individus de la même espèce.

[1] Voir, à ce sujet, Is. GEOFFROY SAINT-HILAIRE, *Histoire naturelle générale des règnes organiques*, t. II, p. 318 et suiv.

Ces faits sont parfaitement connus, au moins dans l'espèce humaine. La pratique de la médecine a appris depuis bien longtemps combien il faut tenir compte de l'individualité et de tous les faits qui la caractérisent (constitution, tempérament, *idiosyncrasie*, etc).

Nulle part le rôle de l'individualité physiologique n'est plus évident que dans cette partie de la médecine que l'on appelle l'*étiologie*. Une même maladie peut être produite par les causes les plus diverses. D'autre part, une même cause produit, suivant les individus, des affections très-différentes. Le froid détermine des maladies du tube digestif, des voies respiratoires, des articulations. L'intoxication paludéenne, bien que se manifestant ordinairement sous les formes, déjà si nombreuses, des fièvres intermittentes, produit exceptionnellement des fièvres rémittentes, pseudo-continues, continues; ailleurs, ces maladies non fébriles, mais à type intermittent, que l'on désigne sous le nom de *fièvres larvées;* enfin il est des organisations qui lui semblent absolument réfractaires.

§ 2

Ce qui est vrai pour les êtres adultes, est également vrai pour les germes qui les produisent. Eux aussi, quelque semblables qu'ils nous paraissent — et leur similitude est encore plus grande que celle des êtres adultes, — ne sont jamais identiques, ni anatomiquement, ni physiologiquement.

Ce fait se manifeste tout d'abord dans la rapidité avec laquelle les germes se développent. Dans tous les anciens ouvrages qui traitent de l'évolution du poulet, il est question de l'état du développement correspondant à tel jour de l'incubation, et même, pour les premiers jours, à telle heure. L'observation prouve que les faits ne se passent pas ainsi.

Il y a des germes plus hâtifs; il y en a d'autres plus tardifs; de telle sorte qu'il est absolument impossible d'assigner une époque précise à tel ou tel stade du développement. Il y a longtemps qu'Harvey en a fait expressément la remarque[1].

[1] HARVEY, « Magna est in ovorum maturitate diversitas. Quemadmodum in arboris cujuscumque fructibus usu venit, quorum alii præcoces et decidui sunt, dum alii crudi et immaturiores ramis tenaciter adhærent. Adeo ut quædam ova quinto die minus provecta sint, quam alia tertio ut plurimum solent. Idque.... in plurimis ovis, per idem tempus incubatis, eodemque die opertis, comperi. » *Exercitationes de generatione animalium.* Ex. XVII.

« Fit..... ut plura simul ova inspicienti, quædam præcociora et provectiora, omniaque explicata magis habentia, alia tardiva, membrisque minus distincta apparent. » *Ibid.*, Exerc. XX.



Haller[1] mentionne un fait analogue. Dans son premier mémoire sur la formation du cœur chez le poulet, il remarque que tous les embryons observés par lui à Goettingue étaient notablement en retard sur ceux que Malpighi avait observés à Bologne. Il en était de même, d'après lui, pour les embryons observés par Harvey en Angleterre. Ainsi, dans le Nord de l'Europe, l'évolution embryonnaire serait plus tardive qu'en Italie.

Wolff alla plus loin. Il signale de semblables inégalités non seulement dans l'évolution générale de l'embryon, mais même dans l'évolution partielle de chaque organe[2].

Toutes ces observations ont été faites sur des œufs soumis à l'incubation naturelle. Elles prouvent que, même dans les conditions où les embryons se développent d'une manière normale, l'individualité joue un grand rôle et produit dans l'évolution des différences, légères sans doute, mais appréciables. On comprend donc comment, dans mes expériences tératogéniques, les germes réagissent différemment contre des causes modificatrices identiques.

Ce fait de l'individualité du germe, qui ressort si manifestement de toutes mes expériences, a été également bien établi, dans ces dernières années, pour la physiologie végétale, par Alph. Decandolle, dans son beau travail sur la germination des graines sous des degrés divers de température constante. Je cite textuellement le passage où l'illustre botaniste mentionne les résultats de ses expériences, et les considérations si judicieuses qu'il en déduit sur la différence de l'expérimentation en physiologie et en physique :

« Les physiciens reprochent quelquefois aux naturalistes de négliger la méthode expérimentale pour suivre constamment celle de l'observation. Voici un exemple qui justifie les naturalistes.

« Rien n'est plus facile à soumettre à des expériences que des graines ; rien ne paraît plus homogène, plus comparable dans une même espèce. Et cependant des graines puisées à la même provision, conservées de la même manière, semées ensemble, germent successive-

[1] HALLER, *De formatione cordis*, dans les *Opera minora*, t. II, p. 58.

[2] WOLFF, *De formatione intestinorum*, dans les *Novi comment. Petropol*, t. XII, p. 464. « Accedit ad difficultatem harum observationum augendam, quod ova ejusdem ætatis non æque perfecta ideo sint. Denique quod neque omnes embryonis partes æquali jure crescant. Sæpius involucra interioribus partibus, et hæ rursum illis præferri ; sæpius cor cum hepate præ intestinis, et contra hæc præ corde, magis quam solitum est, promoveri observatum est mihi. »

ment. Le fait est fréquent, je l'ai vu maintes fois dans mes expériences. Les agriculteurs le connaissent bien. Il y a des familles, par exemple les Légumineuses, qui le présentent à un degré fort incommode. C'est que les graines d'une même récolte, d'une même plante, d'une même capsule, né sont identiques, ni physiquement, ni chimiquement. Leur organisation est très compliquée et leur évolution très compliquée aussi, quoique d'autres faits physiologiques le soient encore davantage. Les physiciens raisonnent sur des corps homogènes; les naturalistes sur des corps hétérogènes. Un métal se fond à une température bien constante, parce qu'il est composé de parties semblables. Un corps organisé ne présente jamais cette similitude de toutes les parties d'un même organe. De là moins d'exactitude dans les expériences, la nécessité habituelle de comparer beaucoup de faits, c'est-à-dire d'observer[1]. »

Ces paroles expriment, d'une manière très nette, l'une des plus grandes difficultés que présente l'expérimentation dans les sciences biologiques. Malgré toutes les précautions que nous accumulons pour nous placer dans les mêmes conditions et pour obtenir des résultats identiques, nous nous heurtons toujours à des exceptions, c'est-à-dire à l'individualité.

§ 3

Comment pouvons-nous concevoir cette individualité du germe, et son rôle dans la production des anomalies? Ici, pour ne pas trop étendre mon sujet, je me bornerai à l'examen du germe contenu dans l'œuf de la poule, le seul que j'aie soumis à mes expériences.

On observe dans l'œuf fécondé, sur un point de la surface du jaune, une tache blanche à contours circulaires. Elle est formée par une petite lame, placée au-dessous de la membrane qui enveloppe le jaune. Fabrice d'Acquapendente, qui la découvrit le premier, méconnut sa véritable nature : il crut que c'était une cicatrice produite par la séparation du jaune d'avec les parois de l'ovaire, exactement comme la partie de la graine que l'on appelle le *hile* résulte de la séparation de

[1] A. DECANDOLLE, *Mémoire sur la germination sous des degrés divers de température constante*, dans les *Archives des sciences physiques et naturelles*, 1865, t. XXIV, p. 270.

Voir aussi, sur cette question, le beau chapitre d'Is. GEOFFROY SAINT-HILAIRE sur la valeur différente de l'observation dans les sciences physiques et les sciences naturelles. *Hist. nat. générale des règnes organiques*, t. I, p. 359 et suiv.



la graine d'avec le *raphé*, c'est-à-dire le cordon qui l'attache au péricarpe. Aussi désigna-t-il la tache du jaune sous le nom de *cicatricule*, nom que la science a conservé, malgré l'inexactitude de sa signification. Harvey reconnut, et ce fut l'un des résultats les plus importants de son travail sur la génération, que la *tache* ou la cicatricule est la partie essentielle de l'œuf; que, sous l'influence de la chaleur naturelle de la poule ou d'une chaleur artificielle peu élevée, elle s'étend en tous sens, et finit au bout de quelques jours par former une poche membraneuse qui enveloppe le jaune tout entier, poche que nous appelons aujourd'hui le *blastoderme*. C'est au centre de la cicatricule que se produit l'embryon [1]. La *cicatricule* est donc le germe.

Ce germe, si petit qu'il soit, est un organisme très-complexe, et qui présente déjà beaucoup de caractères individuels. Il est constitué par l'union d'un très-grand nombre de cellules, assurément fort semblables entre elles, mais qui ne sont jamais absolument identiques; dont chacune, par conséquent, possède son individualité, son mode particulier de vitalité, et peut éprouver des altérations pathologiques sans que ses voisines soient nécessairement affectées de la même façon. Le nombre de ces cellules varie considérablement dans les cicatricules, comme le prouvent leurs dimensions, différentes suivant les œufs.

J'ai mesuré, il y a plusieurs années, un très grand nombre de cicatricules. Le diamètre moyen est de 4 millimètres, mais dans certains œufs, il se rapproche de 5 millimètres, et dans d'autres de 3 millimètres. Il est évident, par ces mesures, que le nombre des cellules doit varier dans des proportions considérables.

Mais cette différence de dimension des germes, et, par conséquent, le nombre de cellules qu'ils contiennent, différence déjà très appréciable, est cependant beaucoup moins importante, au point de vue qui nous occupe actuellement, que la différence même de constitution des cicatricules au moment de la ponte, différence de constitution qui résulte de leurs divers degrés de développement. Ici quelques explications sont nécessaires.

Le germe de l'œuf pondu résulte de la transformation d'une petite masse sarcodique [2] que l'on observe dans l'œuf ovarien, qui entoure la

[1] Harvey, *Exercitationes de generatione animalium*, XI et XIV.

[2] J'emploie le mot de masse *sarcodique*, au lieu de masse *protoplasmique*, qui est exclusivement employé aujourd'hui. Le *sarcode*, ou cette matière vivante, amorphe et contractile, que l'on observe dans tous les organismes animaux ou végétaux, a été découvert, il y a une cinquantaine d'années, par un naturaliste

vésicule germinative, et que l'on désigne sous le nom de *disque proligère*. Cette masse amorphe devient le germe, par l'effet de la segmentation qui se produit pendant le passage du jaune dans l'oviducte, ainsi que Coste l'a découvert en 1849. La segmentation du disque proligère de la poule, absolument comparable à la segmentation superficielle de l'œuf de la grenouille aperçue par Swammerdam et par Spallanzani, puis décrite en 1824 par Prévost et Dumas, et à la segmentation totale de l'œuf des mammifères découverte par Bischoff en 1839, a pour résultat de diviser le disque sarcodique en un très grand nombre de petites sphères, qui s'individualisent, s'enveloppent d'une membrane et deviennent des cellules. Cette segmentation se produit dans les œufs non fécondés, aussi bien que dans les œufs fécondés : seulement, dans les premiers, elle s'arrête plus ou moins rapidement et aboutit à la désorganisation ; tandis que dans les œufs fécondés elle est le point de départ d'une série de modifications par suite desquelles le germe ou la cicatricule devient peu à peu le *blastoderme*, c'est-à-dire une membrane qui, au bout de quelques jours, enveloppe le jaune tout entier en se substituant à la membrane vitelline. C'est au centre du blastoderme que se produit l'embryon.

Le travail organogénique qui transforme peu à peu le disque proligère en germe, puis en embryon, se continue, dans l'œuf d'oiseau, jusqu'à l'époque de la ponte, puis il s'arrête presque entièrement, pour recommencer sous l'influence de la chaleur de l'incubation. Or ce travail est plus ou moins avancé au moment de la ponte. Ce fait a été indiqué par Œllacher en 1872 [1]; mais Mathias Duval l'a complètement mis en lumière dans ces derniers temps par l'étude d'un nombre considérable de cicatricules, qui lui a permis d'interpréter les descriptions différentes données par les embryogénistes modernes [2]. Le blasto-

français, Dujardin, qui en a fait connaître les principales propriétés. Le nom de Dujardin est aujourd'hui presque entièrement oublié. Ancien élève et ami de Dujardin, je protesterai toujours contre cet oubli immérité des travaux d'un homme qui a été, à une certaine époque, l'un des premiers naturalistes de l'Europe.

Il a publié en 1843, dans la collection Roret, sous le titre modeste de *Manuel de l'observateur au microscope*, un petit livre qui contient l'indication d'un grand nombre de faits micrographiques, qui ont été publiés depuis comme des découvertes nouvelles.

[1] Oellacher, *Die Veränderung des unbefruchteten Keimes des Hühnereies im Eileiter*, 1872.

[2] Mathias Duval, *De la formation du blastoderme dans l'œuf d'oiseau*, dans la *Bibliothèque des hautes études, section des sciences naturelles*, t. XXIX, art. 5, 1884.

derme commence à se former dans l'oviducte, par la production d'un feuillet supérieur, le *feuillet séreux* ou l'*ectoderme*, qui se constitue comme une couche continue de cellules prismatiques; tandis que les cellules sous-jacentes restent plus ou moins isolées les unes des autres, pendant un certain temps, avant de s'unir pour constituer un feuillet particulier, le *feuillet muqueux* ou *endoderme*, qui, plus tard, donne lui-même naissance au *feuillet intermédiaire* ou *mésoderme*.

On voit par les observations de Mathias Duval que la couche inférieure du blastoderme, celle qui deviendra plus tard l'endoderme, présente, au moment de la ponte, tous les degrés possibles de développement, depuis l'époque où elle n'est encore formée que par des cellules plus ou moins éloignées les unes des autres, jusqu'au moment où l'on constate la première apparition du mésoderme.

Cette inégalité de développement des germes au moment de la ponte, et, par conséquent, leur différence de constitution, qui explique la rapidité plus ou moins grande de l'évolution dont j'ai parlé précédemment, dépend, selon toute apparence, de causes diverses. La comparaison des observations de Harvey et de Haller avec celles de Malpighi peut faire penser qu'il y a, dans certains cas, une influence de climat. Mais il doit y avoir aussi une autre cause tenant à l'individualité des poules. On peut supposer que certains de ces animaux retiennent leur œuf, plus longtemps que certains autres, dans la partie inférieure de l'oviducte où se forme la coquille, et que l'on désigne improprement sous le nom d'*utérus*.

§ 4

Mais il y a plus. Le germe n'est pas un organisme isolé agissant d'une manière isolée. Il fait partie de l'œuf, qui le protège par la coquille, et qui lui fournit les éléments nutritifs nécessaires à son développement. Les différences individuelles de l'œuf viennent donc s'ajouter à celles du germe lui-même, et ces différences sont beaucoup plus marquées et plus immédiatement appréciables.

Cicéron dit que, dans l'île de Délos, les éleveurs de poules savaient reconnaître, à la vue d'un œuf, la poule qui l'avait pondu[1]. Harvey rapporte qu'il avait lui-même acquis la même faculté[2]. Un éleveur an-

[1] Cicéron, Accepimus Deli fuisse complures qui gallinas alere permultas quœstûs causa solerent. Hi cum ovum inspexerant, quæ id gallina peperisset dicere solebant. *Acad. quœst.*, lib. IV, cap. 18.

[2] Harvey, *Exercitationes*, etc., ex. XII.



glais, Dixon, qui a écrit un livre sur la poule domestique, mentionne également ce fait que chaque poule donne à ses œufs une forme, un volume et une couleur caractéristiques[1].

La forme des œufs, bien qu'essentiellement la même chez tous, présente cependant des différences très appréciables, qui tiennent aux dimensions différentes du grand et du petit diamètre. Il y a des œufs plus allongés, d'autres plus courts[2]. La différence du gros bout et du petit bout, ou de ce que l'on appelle le *pôle obtus* et le *pôle aigu* de l'œuf, est plus ou moins marquée.

Le volume de l'œuf varie, d'une manière générale mais non toujours, proportionnellement à la race. Il est assez difficile de mesurer le volume d'un œuf; mais on peut, avec une assez grande exactitude, remplacer la mesure du volume par celle du poids. Le poids moyen de l'œuf, d'après Gueneau de Montbéliard, serait de 44 grammes; d'après Dumas, de 50 grammes. Rufz de Lavison a trouvé que le poids des œufs de grandes races indigènes et exotiques était de 60 à 67 grammes. Il mentionne des œufs, provenant de poules du Périgord, qui pesaient 120 et 140 grammes[3]. D'autre part, il y a des races naines dont les œufs sont très petits. Je ne connais pas leur poids ; mais je ne crois pas m'éloigner beaucoup de la vérité en l'évaluant à 20 grammes environ. Ainsi donc les poids extrêmes des œufs pourraient être comme 140 à 20; c'est-à-dire comme 7 à 1.

La couleur des œufs varie considérablement, depuis la blancheur mate de certaines de nos races indigènes jusqu'à la teinte roussâtre de ceux des poules de Nankin et de Brahmapoutra.

La proportion des diverses parties de l'œuf : coquille, blanc et jaune, est assez variable[4]. De plus, leur composition chimique présente certainement des différences. La coquille est plus ou moins épaisse, sui-

[1] DIXON, *Ornamental and domestic Poultry*, p. 152.

[2] On avait, dès l'antiquité, rattaché ces différences de forme à certaines particularités physiologiques, et particulièrement au sexe de l'embryon. Du reste, on ne s'entendait pas sur ce sujet. Aristote admet que les œufs longs produisent des mâles; Pline admet, au contraire, qu'ils produisent des femelles. J'ai montré, dans l'Introduction, comment cette idée fut le point de départ des essais de Geoffroy Saint-Hilaire pour la production des monstruosités. Cette opinion ne repose sur aucun fait réel. Geoffroy Saint-Hilaire s'en est assuré par l'expérience.

[3] RUFZ DE LAVISON, *Conférence sur l'Oologie*, dans le *Bulletin de la Société d'acclimatation*, 2e série, t. II, p. 147, 1865.

[4] GAYOT, *Poules et œufs*, p. 104. L'auteur part de ces faits pour signaler l'intérêt qu'il y aurait à créer des races de poules, dans lesquelles on augmenterait le poids du jaune relativement à celui du blanc.



vant qu'elle contient plus ou moins de sels calcaires. Le jaune est d'une couleur plus ou moins foncée, suivant qu'il contientplus ou moins d'huile colorée.

Il faut encore ajouter que l'albumine de l'œuf contient presque toujours, je n'ose dire toujours, des germes d'êtres parasites. Le développement de ces germes peut, dans bien des cas, entraver le développement de l'embryon.

Il est impossible que ces différences matérielles des œufs eux-mêmes, quelque légères qu'elles soient, n'exercent pas d'influence sur la manière dont les agents physiques agissent sur le germe; et que, par conséquent, elles ne déterminent pas, dans certaines circonstances, des modifications dans l'évolution de l'embryon.

Nous ne possédons presque aucun document à ce sujet. Toutefois, il est bien clair que l'épaisseur plus ou moins grande de la coquille modifie l'évaporation qui se fait à sa surface. Carbonnier a constaté que les œufs des poules hollandaises, dont la coquille est très blanche, supportent beaucoup moins les variations de température que ceux des autres races, dont la coquille est d'une blancheur beaucoup moins intense.

Mais ce ne sont que de vagues indications. Il y a là tout un ensemble de problèmes que je ne puis que poser. Leur solution appartient à l'avenir.

§ 5

L'individualité du germe ne consiste pas seulement dans sa constitution matérielle et dans celle de ses annexes; elle est encore, elle est surtout dans ce que l'on peut appeler sa *constitution immatérielle*, c'est-à-dire dans l'ensemble des tendances héréditaires qu'il tient de tous ses parents immédiats et médiats.

Dans l'acte de la génération, le parent, ou les parents (s'il s'agit d'une espèce à sexes séparés) ne transmettent pas seulement à l'être vivant qu'ils procréent un type spécifique abstrait, mais encore un nombre plus ou moins grand de leurs particularités individuelles. Le terme de *reproduction* que l'on emploie pour désigner ce mystérieux phénomène n'est donc pas un terme purement métaphorique: il doit être pris dans son acception la plus littérale.

C'est là ce que l'on appelle l'*hérédité physiologique*. Toute particularité individuelle quelle qu'elle soit, anatomique ou physiologique, congéniale ou acquise, est transmissible par voie de génération. Ce

fait est connu de toute antiquité, mais ce sont seulement les physiologistes modernes qui en ont démontré complètement la généralité. Je n'y insisterai pas, me bornant à renvoyer le lecteur aux ouvrages qui en traitent d'une manière spéciale, particulièrement à ceux de Pr. Lucas et de Darwin[1].

Le seul point sur lequel je désire appeler particulièrement l'attention, c'est que la multiplicité des tendances héréditaires, et leur combinaison inégale dans chaque germe particulier, doit nécessairement aboutir à la production d'individualités. En effet, la faculté de transmission héréditaire n'est pas spéciale au procréateur immédiat: elle appartient aussi à ses ancêtres, pendant un grand nombre de générations; et peut-être même, quoique nous n'en possédions pas la preuve directe, pendant toutes les générations qui se sont succédé depuis l'origine de l'espèce. C'est ce que l'on appelle l'*atavisme*. La force quelconque que le germe contient à l'état latent, et qui détermine la production et l'évolution de l'embryon, lorsqu'elle entre en jeu par l'action d'une cause extérieure, est donc la résultante de toutes les tendances héréditaires du procréateur immédiat et de celles de ses ancêtres, tendances qui tantôt s'exercent dans le même sens, et tantôt dans des sens différents, et qui, par conséquent, tantôt s'accumulent et tantôt se neutralisent, en obéissant à des lois qui nous sont encore inconnues[2].

[1] Pr. Lucas, *Traité philosophique et physiologique de l'hérédité naturelle*, 1847. — Darwin, *Sur la variation des animaux et des plantes sous l'action de la domestication*, chap. XII, XIII et XIV.

[2] Je ne puis pas ne pas rappeler, à cette occasion, les idées si ingénieuses que L. Vilmorin se proposait d'appliquer à la production des races améliorées chez les plantes. Il cherchait, dans ce but, à annuler autant que possible l'influence de l'atavisme ou, en d'autres termes, des générations antérieures, pour augmenter l'action du procréateur immédiat. Je ne puis mieux faire ici que de citer ses propres paroles:

« Pour obtenir d'une plante non encore modifiée des variétés d'un ordre déterminé à l'avance, je m'attacherais d'abord à la faire varier dans une direction quelconque, en choisissant pour reproducteur, non pas celle des variétés accidentelles qui se rapprocherait le plus de la forme que je me suis proposé d'obtenir, mais simplement celle qui différerait le plus du type. A la seconde génération, le même soin me ferait choisir une déviation, la plus grande possible d'abord, la plus différente ensuite de celle que j'aurais choisie en premier lieu. En suivant cette marche pendant quelques générations, il doit en résulter nécessairement, dans les produits ainsi obtenus, une tendance extrême à varier; il doit en résulter encore, et c'est là le point principal, que la force d'atavisme, s'exerçant au travers d'influences très divergentes, aura perdu une grande partie de sa puissance, ou, si j'ose encore employer cette comparaison, qu'au lieu d'agir sur une ligne droite ou continue, elle le fera sur une ligne brisée.

« C'est après avoir atteint ce résultat, que j'appellerai, si on me permet ce



Le nombre de ces tendances héréditaires devient encore infiniment plus considérable lorsqu'il s'agit des espèces où les sexes sont séparés chez des individus différents. On voit, en effet, que le nombre des ancêtres, dont l'influence agit ou du moins peut agir sur le germe, double à chaque génération; que, par conséquent, il est égal à la somme des termes de la progression géométrique formée par la suite des puissances de 2. L'individualité du germe résulte donc, dans ce cas, de la combinaison de deux faisceaux de tendances héréditaires accumulées dans le père et la mère, combinaison qui se produit par des lois encore inconnues, mais qui doit évidemment donner des résultats différents suivant les circonstances.

Il y a certaines de ces conditions qui dépendent de l'individualité même des parents. On sait, en effet, que parmi les particularités individuelles de l'être vivant on doit compter sa faculté de transmission héréditaire qu'il fait prédominer sur celle de son conjoint dans l'acte de la procréation[1]. Mais il y en a d'autres qui se rattachent manifestement à l'acte même de la fécondation, et à certaines circonstances, actuellement ignorées, de la manière dont elle s'opère[2]. Ce qui le prouve, ce sont les différences que l'on observe dans les caractères individuels des produits d'un même couple. Sans doute, et c'est un fait connu de

mot, *affoler* la plante, que l'on devra commencer à rechercher les variations qui se rapprocheront de la forme que nous voulons obtenir, recherche qui sera facilitée par l'accroissement énorme de l'amplitude de variation que la marche précédente aura produite. Nous devons alors éviter, avec le même soin que nous les avons recherchés d'abord, les écarts qui pourraient se présenter, afin de donner à la race que nous nous appliquons à former une *constance d'habitude*, qui sera d'autant plus facile à obtenir que l'atavisme, cette cause incessante de destruction des races de création humaine, aura été affaibli par les chaînons intermédiaires au travers desquels nous l'aurons forcé d'exercer son influence. » L. Vilmorin, *Bulletin de la Société industrielle d'Angers*, 1851, p. 253.

L. Vilmorin formule, dans ces phrases, une méthode assurément très rationnelle pour l'amélioration des races de plantes. Combien il est regrettable que sa mort si prématurée ne lui ait pas permis de poursuivre ces expériences pendant un nombre d'années suffisant pour en assurer le succès!

[1] Darwin, *Variation des animaux et des plantes sous l'influence de la domestication*, trad. franç., t. II, p. 69-76.

[2] Il est à peu près impossible, dans l'état actuel de la science, de donner l'explication de ces faits. Dans la première édition de cet ouvrage, j'avais cru pouvoir supposer, d'après les anciennes observations de Newport, qu'ils pouvaient tenir au nombre plus ou moins grand des spermatozoïdes. Les beaux travaux de Fol sur la fécondation, en nous montrant que la pénétration d'un spermatozoïde, tout au plus de deux, dans le vitellus, suffit pour la fécondation, et que la pénétration de trois ou d'un plus grand nombre de spermatozoïdes détermine la for-

tout le monde, les individus issus d'un même père et d'une même mère se ressemblent plus que les individus d'une même espèce; mais ils ont cependant leurs particularités individuelles, si atténuées qu'elles soient. Et cela se produit, non seulement dans les fécondations successives, mais encore dans les fécondations simultanées, même dans les cas où deux jumeaux se produisent dans un même germe, bien qu'alors les différences deviennent infiniment petites et tendent presque à s'annuler.

Tout germe vivant contient donc, à l'état latent, dès l'époque de la fécondation, une force qui, pendant l'évolution embryonnaire, tend à réaliser non seulement un type spécifique abstrait, mais encore un nombre plus ou moins grand de particularités individuelles résultant de la combinaison de toutes les tendances héréditaires de ses parents immédiats et médiats. Le germe est ainsi dès cette époque presque aussi complètement individualisé que l'être adulte qu'il doit produire. On comprend donc que, lorsque le germe se développe sous l'influence des conditions naturelles, généralement les mêmes pour tous les germes d'une même espèce, il ne fait guère, si l'on peut parler ainsi, que réaliser toutes les virtualités qu'il contient. Dans l'incubation naturelle, par exemple, l'embryon de la poule se développe ordinairement dans des conditions à peu près semblables; et par conséquent la direction de son évolution est entièrement déterminée par la combinaison des influences héréditaires. Ces conditions extérieures sont encore beaucoup plus semblables pour les embryons des mammifères à placenta qui se développent dans la cavité utérine. Quand on tient compte de tous ces faits, on s'explique comment Wolff, puis Meckel, ont cru pouvoir révoquer complètement en doute l'influence des causes extérieures sur la production des monstres, et admettre que toutes les conditions de l'évolution du germe étaient déterminées dès l'époque de la fécondation.

Ainsi donc, lorsque l'expérimentateur cherche à provoquer la production des anomalies, il doit combattre un ensemble de tendances héréditaires qui déterminent l'évolution de chaque germe, et qui la déterminent dans un sens particulier, individuel. Nous savons, toute-

mation des monstres doubles, sont absolument contraires à cette hypothèse. Ne peut-on pas supposer que les faits qu'il s'agit d'expliquer tiendraient à une pénétration hâtive ou tardive du spermatozoïde dans le vitellus, par exemple avant ou après l'expulsion des globules polaires? Je soumets cette question aux personnes qui s'occupent d'embryogénie.



ois, que ces influences héréditaires, bien qu'existantes, n'ont pas toujours cependant la même intensité; qu'elles peuvent être plus ou moins facilement combattues par des causes extérieures.

Il y a, en effet, dans la domestication des animaux, et surtout dans la culture des plantes, un fait très curieux, qui montre que les influences extérieures qui agissent sur le développement, ou ce que l'on appelle les *influences du milieu*, ne produisent ordinairement leur effet qu'après un certain nombre de générations. Tout le monde sait que les animaux domestiques les plus anciennement domestiqués présentent des variations beaucoup plus nombreuses et beaucoup plus considérables que ceux dont la domestication est récente, et qui ont conservé la plupart des caractères de l'état sauvage. Il en est de même pour les plantes cultivées. Les progrès que l'horticulture a accomplis, depuis la fin du siècle dernier, nous montrent que certaines fleurs, le dahlia, le zinnia, par exemple, dont l'introduction est toute récente, ont conservé, pendant un certain nombre de générations, leurs caractères primitifs; puis qu'elles ont commencé à varier d'une manière à peu près indéfinie. Ainsi donc, les influences du monde extérieur peuvent exercer leur action sur les animaux et sur les plantes, sans que cette action se manifeste par aucun signe appréciable; mais elles donnent, aux germes de ces animaux et de ces plantes, une tendance à la variation. Ces tendances, accumulées pendant un certain nombre de générations, finissent par passer en acte, en neutralisant, dans une certaine mesure, les tendances héréditaires accumulées par l'atavisme. L'espèce entre alors, comme on le dit, dans une phase de variations indéfinies, jusqu'au moment où la sélection, habilement pratiquée par les éleveurs et les horticulteurs, donne une fixité plus ou moins grande aux types nouveaux ainsi produits.

Il y a donc, dans le germe fécondé, dès sa première origine, c'est-à-dire dès l'époque de la fusion de l'élément mâle et de l'élément femelle, un ensemble de virtualités qui résultent, d'une part, des tendances héréditaires des parents immédiats et médiats, d'autre part, des tendances produites par l'action des causes extérieures sur les générations antérieures à la génération actuelle. Cet ensemble de virtualités est spécial pour chaque individu. C'est la cause principale de sa constitution individuelle aux diverses périodes de son existence.

Comme exemple de ces virtualités, je citerai d'abord le sexe. Le germe, dès son origine, est mâle ou femelle, longtemps avant la formation des organes reproducteurs dans l'embryon.

Je citerai également les anomalies héréditaires. Il y a, dans l'espèce de la poule, un certain nombre de races caractérisées par la transmission de faits tératologiques, tels que la pentadactylie, la hernie des hémisphères cérébraux, l'absence du croupion. Le germe, dans ces races, est virtuellement anormal dès son origine; il porte en lui-même le principe d'une modification anatomique subitement apparue à une certaine époque et qui n'existait pas dans le type de l'espèce. Je sais bien que certaines personnes m'objecteront que ces races dont l'origine nous est inconnue ont toujours existé avec leurs caractères tératologiques. Mais à cela je puis répondre que nous voyons de pareilles races se former sous nos yeux. M. Lud. Martinet a observé un fait de ce genre dans le département du Cher. Un coq pentadactyle par la dualité du pouce, naquit dans sa basse-cour qui ne contenait aucun animal de la race pentadactyle de Houdan, race absolument inconnue dans le Berry[1]. Cet animal a produit des poulets pentadactyles qui ont eux-mêmes donné naissance à d'autres animaux de ce genre. Il y a là un remarquable exemple de la création d'une race par la transmission de caractères tératologiques apparus subitement dans une race préexistante[2].

Mais la virtualité la plus remarquable est celle qui produit la gémellité et la monstruosité double. Ces faits de diplogenèse existent en puissance dans le germe dès le moment de la formation. Ils dépendent très probablement, comme Fol l'a indiqué depuis 1876, de la pénétration de plusieurs spermatozoïdes dans un même vitellus. Je parlerai de cette question plus en détail, dans le cours de ce livre.

[1] MARTINET, dans les *Bulletins de la Société d'anthropologie*, 2e série, t. XII, p. 391, 1877, et 3e série, t. Ier, p. 147 et 484, 1878.

[2] C'est l'explication que j'ai donnée depuis longtemps de l'origine des races d'animaux domestiques. J'ai présenté à l'Académie des sciences, à la séance du 4 mars 1867, l'extrait d'un *Mémoire sur l'origine des races chez les animaux domestiques*, mémoire que j'ai publié seulement cette année avec beaucoup de développements dans la *Bibliothèque des hautes études, section des sciences naturelles*, t. XXVI, n° 4.

CHAPITRE III

VIE DU GERME DEPUIS LA PONTE JUSQU'A LA MISE EN INCUBATION

SOMMAIRE. 1° Vie latente du germe. — 2° Influence de l'incubation tardive sur la production des monstruosités. — 3° Influence des secousses sur la production des monstruosités.

§ 1.

Le germe fécondé vit, depuis le début de la segmentation, d'une vie active qui consiste dans une évolution incessante devant aboutir à la formation du blastoderme. Tout s'arrête après la ponte. Les manifestations de la vie ne reparaissent qu'après la mise en incubation. Pendant le temps qui s'écoule entre la ponte et la mise en incubation, le germe n'éprouve en apparence aucun changement. La seule propriété par laquelle il manifeste sa vitalité, c'est la reprise de l'évolution, lorsqu'il est soumis à l'action d'une chaleur suffisante. Tant que le germe possède cette aptitude à l'évolution, il est vivant; quand il l'a perdue, il est mort[1].

Est-ce à dire cependant que la vie du germe soit alors complètement suspendue, comme elle l'est chez les animaux reviviscents soumis à la congélation ou à la dessiccation, pendant lesquelles, devenus momentanément de véritables corps inertes, ils sont dans un état *qui n'a de nom dans aucune langue, qui n'est ni la vie ni la mort, mais qui assurément est encore l'organisation et avec elle l'aptitude vitale*[2]? Évidemment non. L'aptitude au développement du germe vivant et le défaut d'aptitude au développement du germe mort ne peuvent se

[1] Il est très probable que le germe mort diffère du germe vivant, exactement comme le germe fécondé diffère du germe stérile. On connaît assez bien aujourd'hui les caractères du germe fécondé et du germe stérile, mais on ne connaît pas encore les caractères qui distinguent le germe, mort à la suite d'une vie latente plus ou moins longue, du germe vivant. Nous ne possédons encore à cet égard que quelques indications très vagues de Colasanti. (*La durata della vitalita della macula germinativa*, dans les Mémoires de l'Académie des Lincei, 1877, p. 7). Je dois signaler la question aux personnes qui s'occupent d'embryogénie.

[2] Is. GEOFFROY SAINT-HILAIRE. *Histoire naturelle générale*, t. II, p. 65.

comprendre que comme la conséquence de mouvements moléculaires déterminant des modifications matérielles.

Ici sans doute nous ne pouvons donner aucune preuve directe. Mais nous pouvons supposer l'existence de ces mouvements moléculaires par la connaissance que nous avons aujourd'hui de semblables phénomènes dans les graines. Assurément, si quelque chose paraît donner l'idée d'une suspension complète de la vie, c'est la graine pendant cet intervalle qui sépare la dissémination de la germination. Et cependant nous savons aujourd'hui, par les expériences de Van Tieghem et Bonnier, que les graines conservées pendant plusieurs années, dans des bocaux hermétiquement fermés, absorbent l'humidité de l'air avec lequel elles sont en contact, et altèrent sa composition chimique, en absorbant de l'oxygène, en exhalant de l'acide carbonique[1]. La vie de la graine n'est donc pas complètement suspendue, mais seulement considérablement ralentie. Il me paraît très probable que le germe de la poule est, lui aussi, le siège de phénomènes chimiques. Évidemment il diffère de la graine en ce qu'il est imprégné d'eau et que, par conséquent, il ne peut en absorber. Mais les cellules qui le composent doivent absorber de l'oxygène et exhaler de l'acide carbonique, comme le font d'ailleurs presque toutes les cellules vivantes. Seulement la petitesse du germe et la très faible intensité de la respiration cellulaire rendront toujours la constatátion directe de ces faits très difficile, sinon impossible.

Mais, à défaut d'observations directes sur la vie latente du germe et les modifications matérielles qu'il éprouve, nous pouvons nous en faire une certaine idée par la connaissance de faits nouveaux que j'ai découverts, et qui sont l'un des résultats les plus remarquables et en même temps les plus inattendus de mes expériences tératogéniques.

§ 2.

Cette vie latente du germe, démontrée par la permanence, pendant un certain temps, de sa faculté germinative, cesse nécessairement à une certaine époque. Or cette époque de la mort du germe n'est point fixe. Il est rare que la vie du germe se prolonge au delà de trois ou quatre semaines. Toutefois il résulte d'observations de Rufz de Lavison

[1] Van Tieghem et Bonnier, *Recherches sur la vie latente des graines*, dans le *Bulletin de la Société botanique de France*, t. Ier, p. 25, 1882.

et de Colasanti que cette vie a pu se prolonger, dans certains cas, fort rares, il est vrai, pendant sept semaines [1].

La durée de cette vie latente est donc très variable. Elle dépend évidemment de deux sortes de conditions. Il y a d'abord une condition appartenant au germe lui-même, l'individualité, qui intervient ici comme d'ailleurs dans toutes les questions de tératogénie. Il y a, en outre, l'action des causes extérieures. La température du milieu dans lequel les œufs sont conservés exerce à cet égard une action prépondérante. Quand elle s'élève, elle accélère la vie du germe; quand elle s'abaisse, elle la ralentit. De là l'influence des saisons et des climats sur la vie du germe. Réaumur faisait remarquer déjà que les œufs *vieillissent plus vite en été qu'en hiver* [2]. C'est pourquoi, quand on veut conserver des œufs pour les mettre en incubation un certain temps après la ponte, doit-on les conserver dans des locaux aussi frais que possible, afin de ralentir le plus possible la vie latente des germes qu'ils contiennent [3].

Ces faits sont connus depuis longtemps. Mais ce que l'on ignorait presque entièrement avant moi, et ce que mes expériences ont mis en pleine lumière, c'est que la vitalité du germe ne disparaît pas brusquement et qu'elle diminue progressivement avant de s'éteindre. Cette diminution progressive de la vitalité du germe se manifeste par une évolution anormale, lorsque l'œuf est mis en incubation.

Le fait avait été entrevu par Broca. Il a signalé, il y a longtemps déjà, la transformation du germe en blastoderme, mais avec absence d'embryon, dans des œufs soumis à l'incubation tardive. Ces œufs, dont l'époque de la ponte était inconnue, avaient été mis sous la poule vingt-sept jours après leur entrée au laboratoire [4]. J'ai retrouvé fréquemment les faits observés par Broca; j'ai constaté de plus que les

[1] RUFZ DE LAVISON, *Réponses à un questionnaire sur la fécondation des œufs des Gallinacés*, dans le *Bulletin de la Société d'acclimatation*, 1re série, t. IX, p. 369. — COLASANTI, *La durata della vitalita della macula germinativa*, dans les Mémoires de l'Ac. des Lincei, 1877, p. 6.

[2] RÉAUMUR, *Art de faire éclore*, etc., t. I, p. 144.

[3] Il est très probable que l'humidité exerce une influence marquée sur la vie du germe. Mais cette influence doit être surtout indirecte, et dépendre de la germination des spores de moisissures que l'albumine des œufs contient presque toujours, sinon toujours. Je reviendrai sur ces faits dans un des chapitres suivants.

[4] BROCA, *Expériences sur les œufs à deux jaunes*, dans les *Annales des sciences naturelles*, 4e série. *Zool.*, t. XVII, p. 81, 1862.

Du reste, l'incubation tardive n'est pas la seule cause de la production de blastodermes sans embryons.



blastodermes ainsi produits peuvent vivre pendant un certain temps, et même parfois former un sac qui enveloppe complètement le jaune.

Mais je suis allé beaucoup plus loin que Broca. La production de blastodermes sans embryon n'est que le dernier terme de l'épuisement de la vitalité du germe. Cet épuisement arrive progressivement et fait passer le germe par une série d'états successifs pendant lesquels il peut encore produire des embryons, mais seulement des embryons anormaux, et chez lesquels les monstruosités deviennent d'autant plus intenses que l'on se rapproche plus de l'époque de sa mort.

J'ai été conduit à la découverte de ces faits par la constatation d'un très grand nombre d'êtres anormaux dans des œufs que j'avais soumis à l'incubation artificielle, en les plaçant dans des conditions de température et d'aération que je croyais les plus propres à produire l'évolution normale. Ne pouvant expliquer ces faits par l'action de causes extérieures, j'ai dû chercher leur origine dans le germe lui-même, et j'ai pensé que l'âge du germe devait être la cause, sinon unique, du moins principale, des résultats que j'avais obtenus. L'expérience a pleinement confirmé mon hypothèse.

Elle m'a d'ailleurs appris un autre fait que je pouvais prévoir d'après les notions que nous possédions déjà sur l'évolution tardive; c'est que l'individualité d'une part, et les différences de température de l'autre, exercent une très grande influence sur l'époque à laquelle se produit dans l'œuf, l'aptitude à la production des anomalies par l'épuisement de la vitalité. On en jugera par les résultats de quelques expériences.

Dans une expérience faite en juillet 1882, les œufs mis en incubation neuf jours après la ponte m'ont tous donné des monstres. En juillet 1885, par une température exceptionnellement élevée, j'ai trouvé des embryons monstrueux dans des œufs mis en incubation cinq jours seulement après la ponte.

Au contraire, en octobre et novembre 1882, j'ai encore obtenu des embryons bien conformés, dans des œufs mis en incubation quinze et vingt jours après la ponte, bien que la grande majorité de ces œufs m'ait donné des embryons monstrueux[1].

[1] Dareste, *Sur la production des monstres dans l'œuf de la poule par l'effet de l'incubation tardive*, dans les *Comptes rendus de l'Ac. des sc.*, t. XCV, p. 254, 1882, et XCVI, p. 44, 1883.

Voir la note A à la fin de la première partie.

Ces faits mettent pleinement en lumière une cause tératogénique jusqu'à présent ignorée, l'épuisement de la vitalité du germe par l'incubation tardive[1].

§ 3.

La vieillesse des germes, et l'épuisement de leur vitalité, souven hâté par l'influence de la température, n'est pas la seule cause tératogénique qui agisse avant l'incubation. J'ai constaté que les secousses imprimées à l'œuf avant l'incubation peuvent également modifier le germe et produire en lui une tendance à l'évolution anormale[2].

C'est une croyance très généralement répandue parmi les personnes qui s'occupent de l'élève des poules que les cahots des voitures et les trépidations des chemins de fer affectent le germe contenu dans l'œuf et empêchent son développement complet.

Toutefois le fait a été contesté. Il est certain que l'on soumet journellement à l'incubation des œufs transportés en charrettes ou en chemins de fer, et que l'on obtient ainsi des éclosions. Dans une enquête sur l'élève des poules faite par Rufz de Lavison, et dont il a consigné les résultats dans un rapport lu à la Société d'acclimatation, on trouve des faits qui confirment et d'autres qui contredisent cette

[1] POSELGER (voir PANUM — *Untersuchungen*, etc., p. 20) et COLASANTI (*loc. cit.*, p. 6), qui ont fait tous les deux de nombreuses expériences sur l'incubation tardive, ne parlent pas de la production des monstruosités par l'action de cette cause. Je suis convaincu cependant qu'ils ont rencontré dans leurs expériences, et même assez fréquemment, des embryons monstrueux. Ils indiquent l'un et l'autre des embryons morts pendant les premiers temps du développement; or la mort de l'embryon dans l'œuf, quand elle n'est pas le résultat de l'action directe de causes extérieures, est bien souvent, je n'ose dire toujours, produite par des anomalies. Colasanti parle de l'absence de développement d'un grand nombre des œufs observés par lui. Mais cette absence de développement n'était peut-être, dans un certain cas, qu'une apparence due à la destruction, plus ou moins rapide, d'embryons monstrueux, ou même de blastodermes sans embryon. Comme il ne donne aucune indication sur l'état des germes observés, cette supposition est parfaitement admissible. Il parle également, mais sans détails, d'évolutions arrêtées immédiatement après la formation de l'aire vasculaire. Dans ces cas aussi, il est permis de supposer l'existence de monstruosités. L'embryogénie des monstres est encore si peu connue que l'on peut très facilement méconnaître l'existence d'une anomalie, quand on n'a pas acquis comme moi, et comme les personnes qui ont répété mes expériences ou suivi les travaux de mon laboratoire, une très grande habitude de l'observation des embryons.

[2] DARESTE, *Sur la production des monstruosites par les secousses imprimées aux œufs de poule pendant la période qui sépare la ponte de la mise en incubation*, dans les *Comptes rendus*, t. XCVI, p. 444, 1883, et t. CI, p. 813, 1885.

opinion[1]. J'ai douté pendant longtemps de la réalité du fait : une observation que j'ai faite en 1875 ne me le permet plus.

Le 1er juin de cette année, j'allai chercher au jardin d'acclimatation une caisse de vingt-cinq œufs que M. Albert Geoffroy Saint-Hilaire avait bien voulu mettre à ma disposition, et je la rapportai moi-même en chemin de fer, pendant un trajet de vingt-cinq minutes. Une moitié de ces œufs fut mise en incubation le jour même, trois heures après mon retour. Tous ces œufs, ouverts après trente-deux heures d'incubation me présentèrent, à l'exception d'un seul, la mort et la désorganisation de l'embryon. Un seul contenait un embryon en pleine vie. Je remis, le 4 juin, les autres œufs en incubation. Après trente-deux heures, tous ces œufs contenaient des embryons bien vivants.

Cette observation est doublement intéressante, parce qu'elle prouve d'abord que les trépidations des chemins de fer peuvent affecter profondément la vitalité du germe; ensuite, qu'elles ne l'affectent que passagèrement, et que leur influence nuisible disparaît par le repos[2]. Il y a là un fait absolument inexplicable par les données de la science actuelle, mais dont l'existence me paraît bien établie. Il m'explique le grand nombre d'insuccès que j'obtenais avant de l'avoir constaté; car les œufs que je mettais en incubation provenaient de la campagne et étaient transportés dans des charrettes. Depuis cette époque, j'ai toujours pris soin de laisser reposer les œufs que je recevais de la campagne, pendant deux ou trois jours, avant de les mettre en incubation, et j'ai pu ainsi éviter une des causes de la mort précoce des embryons.

A la suite de cette observation, j'ai voulu déterminer, par des expériences, l'influence des secousses sur le germe. Je me suis servi, dans ce but, de la machine que l'on désigne sous le nom de *tapoteuse* ou de *table à secousses*, et qui sert, dans les fabriques de chocolat, à faire pénétrer la pâte dans les moules. Cette machine avait été mise à ma disposition par mon parent, Devinck, ancien président du tribunal de commerce de la Seine, puis par son successeur, M. Lambert. Elle donne 1,620 coups par minute, et déplace verticalement l'objet d'environ 0m015.

[1] Rufz de Lavison, *loc. cit.*, p. 38.

[2] Il est bien évident d'ailleurs que cette modification du germe ne résulte pas nécessairement du transport des œufs en charrettes ou en chemin de fer. Nous savons tous, par notre expérience personnelle, que les trépidations des chemins de fer sont plus ou moins intenses, suivant différentes conditions, et que, par conséquent, si elles sont parfois nuisibles, elles ne le sont pas toujours. On verra d'ailleurs qu'il est possible d'atténuer considérablement leurs effets nuisibles à l'aide de certaines précautions.



Des expériences, faites en 1876 à l'aide de cette machine, m'ont appris que les œufs, ainsi secoués, produisent presque toujours des monstruosités. Toutefois je n'étais pas sûr d'avoir évité toutes les causes d'erreur, et je ne publiai pas alors mon travail. De nouvelles expériences, faites en octobre et novembre 1882, ont pleinement confirmé l'exactitude des faits que j'avais obtenus six ans auparavant.

Dans ces expériences, la modification imprimée au germe par les secousses de la tapoteuse n'a point disparu par l'effet du repos, comme dans l'observation qui a servi de point de départ à mes recherches. Cela tient-il à l'intensité beaucoup plus grande des secousses, intensité qui aurait imprimé au germe une modification définitive? Ou bien la période de repos n'a-t-elle pas été assez longue? Pour le moment, je ne fais que poser la question.

Toutefois, dans ces expériences, l'apparition des monstres n'était pas un fait constant. J'ai rencontré des embryons parfaitement normaux dans les œufs secoués. Sans doute, ce fait s'explique, au moins en partie, par l'individualité du germe. Il est bien évident que cette explication est seule admissible pour rendre compte de l'apparition simultanée d'embryons normaux et d'embryons monstrueux dans les œufs soumis ensemble aux mêmes secousses.

Mais la différence des résultats pouvait aussi dépendre de la nature même des secousses et de la manière dont leur action s'applique à l'œuf. En effet, elles peuvent s'exercer dans un sens vertical ou horizontal; être plus ou moins nombreuses dans un temps donné; se continuer pendant un temps plus ou moins long. En outre, des secousses de même nature peuvent produire des effets différents sur les œufs, suivant leur position; puisque le grand diamètre des œufs peut être horizontal, oblique ou vertical, et que, dans ces deux dernières positions, le pôle obtus et le pôle aigu de l'œuf peuvent être placés en haut ou en bas. Or ces différences de position peuvent modifier l'effet des secousses. En effet, les éléments contenus dans l'intérieur de la coquille prennent toujours un arrangement qui résulte de leurs densités respectives. Dans quelque position que l'on place un œuf, le jaune, qui est plus léger que le blanc, s'élève toujours dans la région supérieure. Cela est très facile à constater par le mirage. De plus, le germe, en vertu de sa plus grande légèreté, se place toujours à la partie culminante du jaune. Ces faits ont été établis, en 1674, par un observateur hollandais, Langly, contrairement à l'opinion qui régnait alors dans la science. D'autre part, la chambre à air se produit presque

toujours au pôle obtus. Les conditions dans lesquelles se trouve le germe varient donc avec les différentes positions de l'œuf, puisque tantôt il est en contact médiat avec la chambre à air, et tantôt avec la coquille.

L'expérience peut donc être variée d'un grand nombre de manières et donner, par conséquent, des résultats très différents.

N'ayant à ma disposition pour secouer les œufs que la tapoteuse, je ne pouvais produire que des secousses déplaçant l'œuf dans le sens vertical et je ne pouvais faire varier que le nombre même des secousses. Or d'assez nombreuses expériences faites pendant 15, 30 et 60 minutes, où, par conséquent, je faisais subir aux œufs 24,300, 48,600 et 97,200 secousses, ne m'ont pas donné des résultats sensiblement différents. J'avais à peu près autant de monstres après 15 minutes qu'après 60; ce qui prouve que la modification du germe s'était produite sous l'influence d'un nombre relativement restreint de secousses, et qu'une fois produite, elle ne s'était point aggravée.

Mais si je ne pouvais modifier la nature des secousses, je pouvais cependant modifier la manière dont les œufs subissent leur influence.

Dans mes premières expériences, j'avais placé les œufs verticalement dans une caisse remplie de sciure de bois, mais je n'avais pas pris soin de noter la position du pôle obtus et du pôle aigu. De plus je n'avais pris aucune précaution pour maintenir invariablement les œufs dans la position verticale, qu'ils occupaient au début. La violence des secousses avait fait sortir une partie de la sciure de bois par les interstices de la caisse, et les œufs, n'étant plus maintenus dans une position immuable, avaient été déplacés dans le sens horizontal, tandis que la machine déplaçait la caisse dans le sens vertical. En ouvrant la caisse, à la fin de l'expérience, je trouvai tous les œufs placés horizontalement. Ils avaient donc été soumis, pendant toute la durée de l'expérience, à des mouvements très complexes, en différents sens, et qui n'étaient pas les mêmes au commencement et à la fin.

Il fallait donc recommencer l'expérience en maintenant les œufs dans une position absolument invariable. J'y suis parvenu en isolant chaque œuf dans un compartiment en carton, et en collant des bandes de papier sur les interstices des parois de la caisse pour empêcher la sortie de la sciure de bois. Dans ces conditions, j'ai pu étudier l'effet des secousses verticales sur les œufs placés horizontalemeut ou verticalement, et, dans ce dernier cas, le pôle obtus ou le pôle aigu étant à la partie supérieure.

L'expérience, plusieurs fois répétée, m'a conduit à un résultat complètement inattendu.

J'ai reconnu que l'action nuisible des secousses imprimées aux œufs par la tapoteuse varie notablement avec la position des œufs. Les œufs secoués dans la position verticale, le pôle aigu en haut, m'ont donné généralement des embryons monstrueux. Les œufs secoués dans la position verticale, le pôle obtus en haut, ou dans la position horizontale, m'ont au contraire donné généralement des embryons normaux[1], parmi lesquels plusieurs sont éclos.

Les secousses verticales donnent donc des résultats très différents suivant la différence de position des œufs. Qu'arriverait-il avec des secousses horizontales? Il n'est pas possible de le prévoir. L'expérience seule pourra répondre à la question. Je la tenterai aussitôt que je pourrai employer une machine donnant des secousses dans le sens horizontal.

[1] Je dois cependant mentionner ce fait que l'un des monstres les plus remarquables de ma collection de monstres artificiels provenait d'un œuf secoué dans la position horizontale. C'est un monstre hyperencéphale, avec absence des yeux, et arrêt de développement du bec supérieur, qui était arrivé presque au terme de l'éclosion, mais qui n'avait pu éclore par suite de la non-pénétration du jaune dans la cavité abdominale. J'ai décrit ce monstre dans une note ayant pour titre : *Sur la viabilité des embryons monstrueux dans l'œuf de la poule.* — *Comptes rendus*, t. XCVII, p. 1662, 1883.

CHAPITRE IV

L'INCUBATION. — ACTION DE LA TEMPÉRATURE

SOMMAIRE. 1° Incubation naturelle. — 2° Incubation artificielle. Méthodes pour obtenir l'invariabilité de la température. — 3° Thermométrie de l'incubation. — 4° Méthodes pour la détermination des sommes de chaleur. — 5° Variations de la température pendant l'incubation. Élévations et abaissements. Suspension des phénomènes de la vie. — 6° Échauffement inégal des œufs.

§ 1.

La chaleur est le facteur essentiel de l'évolution du germe et de la formation de l'embryon. La poule couveuse n'agit sur les œufs qu'en leur transmettant la chaleur qu'elle produit. Ce qui le prouve, c'est la possibilité d'employer une chaleur quelconque pour déterminer l'évo-u tion, dans l'incubation artificielle.

Dans l'incubation naturelle, la poule échauffe les œufs en appliquant, sur leur surface supérieure, la surface inférieure de son corps plus ou moins déprimée. Il n'y a donc qu'une partie de la coquille de l'œuf qui reçoive directement la chaleur de la poule. Mais le germe qui vient toujours se placer au point culminant, dans quelque position que l'œuf soit placé, se trouve toujours, par cela même, pendant l'incubation naturelle, au centre de la zone complètement échauffée. Au contraire, la surface inférieure de l'œuf ne reçoit que la chaleur de l'air ambiant, dont la température est plus ou moins inférieure à celle qui détermine l'évolution. Elle ne peut donc s'échauffer que d'une manière indirecte, par la propagation de la chaleur transmise directement au germe et aux parties de l'œuf qui l'avoisinent.

Il semblerait, au premier abord, que l'incubation artificielle devrait tenter d'imiter, autant que possible, la manière dont la poule échauffe ses œufs. Toutefois cette pensée n'a été réalisée que de nos jours. Le baron Séguier avait imaginé, dans ce but, un appareil, dans lequel il remplaçait la poule couveuse par un sac en caoutchouc, plein d'eau chaude, qui se déprimait sur les œufs, de manière à les échauffer par

leur face supérieure [1]. Cet appareil est peut-être celui qui convient le mieux à l'incubation artificielle. J'ignore cependant si cet appareil est jamais sorti du laboratoire de Séguier, où je l'ai vu en 1858.

Mais, pour reproduire exactement les conditions de l'incubation naturelle, il fallait que la température de l'eau, circulant dans les sacs en caoutchouc, fût la même que la température de la poule couveuse. Or quelle est cette température? Nous ne le savons pas actuellement d'une manière certaine.

On a cru, pendant longtemps, que la température de la poule couveuse, prise, soit au-dessous de l'animal lui-même et au-dessus des œufs, soit dans le rectum, était une température fixe. En 1701, Newton s'occupant de la graduation du thermomètre, avait pris cette température pour un de ses points fixes [2]. Réaumur, en 1735, l'évalua à 32° de son thermomètre, ce qui donne 40° du thermomètre centigrade [3].

Mais, quand on consulte les physiologistes qui ont cherché à déterminer la température de la poule, on se trouve en présence des résultats les plus divergents [4]. Cette divergence résulte évidemment de diverses causes. La température du corps varie suivant les heures de la journée, et aussi suivant les saisons et les climats. On peut se demander également si ces divergences ne tiendraient pas, dans certaines observations, à la graduation même du thermomètre. Le déplacement du

[1] Séguier, *Note sur un appareil d'incubation artificielle*, dans les *Comptes rendus*, 1858, t. XLVI, p. 919.

L'appareil d'incubation artificielle de Séguier était d'ailleurs remarquable à d'autres égards. L'eau chaude s'y renouvelait à l'aide de l'appareil à circulation de Bonnemain, et la température était maintenue constante à l'aide de l'ingénieux *pyrostat* de Sorel. Mais cet appareil, chauffé au charbon de bois, devait être très dispendieux. Je présume que c'est pour ce motif qu'il n'est pas entré dans la pratique.

[2] Newton, *Transactions philosophiques*, 1701.

[3] Réaumur, *Mémoires de l'Acad. des sciences*, 1735.

[4] Voici les faits que j'ai recueillis :

Réaumur, 40° (32° de son thermomètre). Thermomètre placé sous la poule.

J. Hunter, 39°44 à 40. | Prévost et Dumas, 41°50. | J. Davy, 42°20, 43°30, 43°90. } Thermomètre placé dans le rectum.

Féry d'Esclands, 42° (Poules cochinchinoises et négresses). 40° (Poules de races françaises). Thermomètre placé sous la poule.

J. Hunter, *Œuvres complètes*, trad. de Richelot, t. III, p. 219. — Prévost et Dumas, *Examen du sang et de son action dans les divers phénomènes de la vie. Ann. de chimie et de physique*, 2e série, t. XXIII, p. 64, 1823. — J. Davy, *Observations on the temperature of man and animals* dans *Edinburgh philosophical Journal*, t. XIII, p. 301, 1825. — Féry d'Esclands, *Études sur l'incubation artificielle*, dans les *Bulletins de la Société d'acclimatation*, 3e série, t. II, p. 582, 1875.



zéro, qui peut, dans certains cas, atteindre 2 degrés, n'est connu que depuis une époque relativement récente. On est donc en droit de se demander si les observations thermométriques faites au siècle dernier n'étaient pas souvent faussées par une cause d'erreur complètement inconnue [1].

Mais ici une nouvelle question se présente. La température de la poule s'élèverait-elle, soit d'une manière générale, soit d'une manière locale, pendant l'incubation. Hunter le nie. Au contraire, Valenciennes admet que, pendant l'incubation, la température de la poule s'élèverait notablement et atteindrait même 56° [2]. Ce chiffre est absolument inadmissible. Évidemment la poule périrait longtemps avant que sa température eût atteint un pareil degré. Mais M. Féry d'Esclands a signalé, dans ces derniers temps, l'élévation de la température de la poule au début de l'incubation, élévation qui irait toujours en décroissant jusqu'au moment de l'éclosion. Ce fait serait d'ailleurs en rapport avec l'augmentation croissante de la chaleur dégagée par les œufs [3].

Les observations de M. Féry d'Esclands auraient donc, dans la question, une grande importance, si elles n'étaient en contradiction avec des observations analogues faites par Fl. Prévost. Ce naturaliste aurait vu un fait inverse: l'élévation croissante de la température chez un Casoar pendant l'incubation [4].

Évidemment il n'y a qu'un moyen de concilier ces contradictions. Il faut reprendre la question dans son ensemble en mesurant exactement la température de plusieurs poules couveuses, pendant toute la durée

[1] J'ai recherché l'auteur et la date de cette découverte physique, et je n'ai trouvé, jusqu'à présent qu'une seule indication. Bouchardat (*Physique élémentaire*, p. 120) l'attribue à Flaugergues, mais sans citer le mémoire où ce physicien aurait indiqué sa découverte. En l'absence de documents précis, on peut croire qu'elle est de la fin dusiècle dernier.

[2] Valenciennes, *Observations faites pendant l'incubation d'une femelle de Python à deux raies.* (*Ann. des sc. nat.*, 2e série, *Zool.*, t. XVI, p. 66, 1841.)

[3] Féry d'Esclands, *Loc. cit.*, p. 583.

Comment peut-on comprendre l'élévation de la chaleur de la poule pendant l'incubation? Est-elle générale ou seulement locale? On peut penser, dans la seconde hypothèse, qu'elle résulterait d'une congestion locale produite par la dilatation des vaisseaux capillaires, congestion qui élèverait localement la température, comme nous le savons depuis la mémorable expérience de Cl. Bernard sur les nerfs vaso-moteurs. Un anatomiste allemand, Barkow, a même décrit, dans certains oiseaux, les Grèbes, une disposition particulière de l'appareil circulatoire de l'abdomen qu'il considère comme un organe incubateur (voir Barkow dans les *Archives de Meckel*, 1830, p. 44).

[4] Gosse, *Des avantages que présenterait en Algérie la domestication de l'Autruche d'Afrique*, p. 36, 1857.



de l'incubation; et en faisant cette mesure avec des thermomètres soigneusement vérifiés. J'ai souvent pensé à faire un pareil travail qui aurait un assez grand intérêt; mais, n'ayant point de basse-cour à ma disposition, je n'ai jamais eu entre les mains les éléments nécessaires pour ces recherches. Je ne puis que le signaler aux physiologistes.

Au surplus, dans la question qui m'occupe, celle de la production des monstres, l'étude scientifique de l'incubation naturelle n'a en réalité qu'une importance secondaire. Du moment qu'il est possible d'obtenir l'évolution complète de l'embryon à l'aide d'une chaleur artificielle quelconque, nous n'avons qu'à déterminer par l'expérience les températures sous lesquelles ce phénomène se produit.

§ 2.

L'incubation naturelle ne se prête donc, que d'une manière très imparfaite à l'étude de l'action de la chaleur sur l'évolution du germe et la formation de l'embryon. Au contraire, l'incubation artificielle, dont on peut faire varier les conditions à volonté, convient parfaitement aux expériences que l'on voudrait installer dans ce but. Je l'ai donc employée, depuis longtemps, pour essayer de dresser l'échelle thermométrique de l'incubation, en déterminant directement les degrés de température qui produisent l'évolution du germe et la formation de l'embryon; et j'ai fait, à ce sujet, de très nombreuses expériences. Toutefois, si je me suis considérablement rapproché du but, je ne l'ai pas encore complètement atteint. On verra ce qui m'en a empêché.

Il fallait pour cela soumettre les œufs, également chauffés par tous les points de leur surface, à l'action d'une température déterminée, et maintenue invariable pendant toute la durée de l'incubation. Je dirai tout de suite que cette invariabilité absolue n'est pas nécessaire dans la pratique. On obtient des éclosions avec des variations peu considérables de température, élévations et abaissements. Mais, dans mes expériences, où je me plaçais à un point de vue exclusivement scientifique, j'avais besoin d'une précision aussi grande que possible.

Je ne décrirai point tous les appareils d'incubation que j'ai successivement employés. Pendant longtemps, ils ne m'ont donné que de simples indications, très utiles, sans doute, mais complètement insuffisantes. Je n'ai pu obtenir des résultats de quelque valeur que par l'emploi d'appareils perfectionnés, dans lesquels la température était maintenue constante à l'aide de procédés que je vais indiquer.

Je me suis servi, dans ce but, d'étuves chauffées au gaz. Elles consistent en deux vases en cuivre, concentriques, de forme cylindrique ou cylindro-conique. Le vase intérieur, rempli d'air, contient les œufs. Pour éviter tout contact avec les parois, les œufs sont placés dans une cage formée par un treillis de fil de fer. Les œufs sont donc échauffés également sur tous les points de leur surface par l'air dans lequel ils sont plongés et par le rayonnement des parois.

Le vase extérieur est rempli d'eau. C'est la chaleur de l'eau contenue dans sa capacité annulaire qui échauffe l'air du vase intérieur où les œufs sont placés.

Voici maintenant comment on maintient constante la température de l'appareil.

Avant tout, il était nécessaire de faire arriver aux brûleurs le gaz sous pression constante. J'ai d'abord employé l'appareil de Cavallié-Coll. Ensuite je l'ai remplacé par le régulateur Giroud qui pouvait s'appliquer à la fois à toutes les étuves fonctionnant simultanément dans mon laboratoire [1].

Mais il fallait, en outre, régler la température dans chaque étuve en particulier. J'ai donc adapté à mes appareils les régulateurs que MM. Schlœsing et Raulin ont inventé dans ces dernières années, et qui sont bien connus de tous les expérimentateurs. Ces régulateurs fonctionnent avec une précision complète. Mais leur emploi présente cependant certains inconvénients. D'abord, ce sont des appareils qu'il faut adapter aux étuves, ce qui, par conséquent, est une notable complication. De plus, ils sont très fragiles. Le régulateur Schlœsing est en verre. S'il vient à se briser, le mercure, dont il est rempli, tombe dans la capacité du vase extérieur et altère rapidement ses parois métalliques. Le régulateur Raulin, construit en fer, semblerait au premier abord exempt de cet inconvénient. Mais, quand on fait fonctionner, comme moi, les étuves d'une manière continue pendant la plus grande partie de l'année, les parois en fer du régulateur, constamment en contact avec l'eau chaude, s'oxydent au bout d'un certain temps, se percent, et laissent échapper le mercure. Ayant eu un accident de ce genre dans mon laboratoire, j'ai eu la pensée de faire nickeler les

[1] Voir, pour la description de ces appareils :

Cavallié-Coll, *Sur une nouvelle soufflerie de précision, munie d'un nouveau système de régulateur de la pression de l'air et des gaz*, dans les *Comptes rendus*, t. LVI, p. 339, 1863.

Giroud, *De la pression du gaz d'éclairage et des moyens employés pour la réguler*, 1867, p. 118 et suiv.

régulateurs. Cela les préserve de l'oxydation, pendant un temps assez long; mais cela ne les empêche pas de finir par s'oxyder. Deux de mes appareils ont été complètement mis hors de service par cette cause.

Aussi j'ai remplacé ces régulateurs par l'appareil si simple et si ingénieux que M. d'Arsonval a imaginé depuis une dizaine d'années; dans lequel il fait servir l'eau même de l'étuve au réglage de la température, et supprime complètement l'emploi d'un instrument étranger. Cet appareil donne des températures invariables pendant un temps indéfini. Le seul inconvénient qu'il m'a présenté, c'est qu'il est extrêmement délicat, et qu'il a besoin d'être assez fréquemment réparé pour que sa marche ne soit pas modifiée par des dérangements, même très légers, de certaines des pièces qui effectuent le réglage [1].

L'étuve d'Arsonval se prêtait donc parfaitement à l'installation des expériences que je voulais accomplir. Et cependant lorsque j'ai entrepris de déterminer, par son emploi, l'action des différents degrés thermométriques sur l'évolution, j'ai rencontré toujours des variations de température, variations peu considérables, il est vrai, et qui n'empêchaient pas les embryons de se développer et d'arriver à l'éclosion, mais qui ne me permettaient pas de constater exactement les faits que je voulais obtenir. J'ai cru, pendant un certain temps, que cela dépendait des couveuses elles-mêmes qui fonctionnent, dans mon laboratoire, depuis plusieurs années, et dont la marche pouvait être légèrement modifiée par leur long usage. Elles ont été réparées et elles marchent actuellement à vide, avec la plus grande précision. Malgré cela, j'éprouvais toujours les mêmes variations de température, quand je mettais des œufs en incubation.

D'où provenaient ces variations? Évidemment, du moment que je ne pouvais les attribuer à la couveuse, il fallait en chercher la cause dans les œufs eux-mêmes.

Pendant longtemps je n'avais pas fait grande attention à ces variations que je considérais comme tout à fait accidentelles, et que je cherchais à faire disparaître. Lorsque je dus m'en occuper sérieusement, je me rappelai que les abaissements s'étaient présentés au début de l'incubation, et les élévations vers la fin. J'ai voulu étudier la marche du phénomène, et j'ai constaté, par des expériences directes, que, dans les premiers jours de l'incubation, les œufs abaissaient un peu la température de l'air contenu dans l'étuve, tandis qu'un peu plus tard,

[1] Voir à la note B, à la fin de la première partie, la description de l'appareil de M. d'Arsonval.

ils élevaient cette température qui, dans certains cas, dépassait d'une manière notable la température initiale. Ces abaissements et ces élévations étaient d'autant plus considérables que le nombre des œufs était plus grand[1].

L'élévation graduelle de la température, que l'on constate dans les deux dernières semaines de l'incubation, s'explique facilement. L'embryon, contenu dans l'œuf, produit de l'acide carbonique, et il en produit d'autant plus qu'il se rapproche plus de l'époque de l'éclosion. Mais le travail chimique qui produit l'acide carbonique dégage de la chaleur. Le dégagement de chaleur augmente donc avec la production de l'acide carbonique. Les personnes qui s'occupent de l'incubation artificielle au point de vue pratique, et qui mettent souvent en incubation un nombre considérable d'œufs, ont remarqué depuis longtemps qu'il faut diminuer la chaleur un certain temps avant l'éclosion. Il paraît que, dans l'antiquité, les Égyptiens avaient déjà fait cette remarque. On a d'ailleurs constaté que, dans l'incubation naturelle, les poules couvent leurs œufs avec beaucoup moins d'assiduité à la fin qu'au début de l'incubation.

Mais il était plus difficile de concevoir comment les œufs abaissent au début la température de l'air de la couveuse. C'est que l'œuf, pendant les premiers jours de l'incubation absorbe de la chaleur au lieu d'en dégager. Ce fait a été signalé, en 1872, par Moitessier dont la science déplore la perte récente[2]; puis, en 1881, par M. d'Arsonval[3]. Ils l'ont constaté par deux méthodes distinctes; le premier, en étudiant la vitesse du refroidissement d'œufs fécondés et d'œufs non fécondés portés à une même température initiale; le second, par l'emploi de la calorimétrie. Les expériences, que j'ai faites, conduisent au même résultat par une voie tout à fait différente.

Et ici je dois ajouter qu'un ingénieur, M. Merlato, qui s'est occupé avec succès de l'élève des autruches, d'abord en Égypte, aux portes du Caire d'où il a été chassé par les derniers événements politiques, puis en Algérie, est arrivé aux mêmes résultats. Il a constaté que les œufs d'autruche qui produisent une quantité notable de chaleur dans les

[1] Dareste, *Nouvelles recherches sur l'incubation artificielle*, dans le *Bulletin des sciences naturelles appliquées*, t. I, p. 169, 1889.

[2] Moitessier, *Sur la chaleur absorbée pendant l'incubation*, dans les *Comptes rendus*, t. LXXIV, p. 54, 1872.

[3] D'Arsonval, *Recherches sur la chaleur animale*, dans les *Comptes rendus*, t. XCIII, p. 83, 1881.



deux derniers tiers de l'incubation, n'en produisent point pendant les six premiers jours[1].

Ainsi donc mes expériences confirment celles de Moitessier et de M. d'Arsonval, en montrant que les œufs absorbent de la chaleur au début de l'incubation, puis qu'ils en dégagent au bout d'un certain temps. Je suis d'ailleurs porté à croire que le travail chimique qui absorbe de la chaleur, et celui qui en dégage, se produisent simultanément dans les œufs; et que les différences que l'on observe aux diverses époques de l'incubation tiennent uniquement à la prédominance de l'un de ces travaux chimiques sur l'autre.

Quoiqu'il en soit, ces expériences prouvent qu'il est théoriquement impossible d'obtenir une invariabilité absolue de la température pendant l'incubation. Mais, en y réfléchissant, on voit qu'il est possible de diminuer, dans une proportion très notable, l'influence des œufs sur la température de l'air contenu dans l'appareil. Il faut pour cela deux conditions, diminuer le nombre des œufs, et augmenter la capacité de l'étuve. On parviendra ainsi à obtenir des températures à peu près invariables, ou qui, du moins, ne varieront que d'une quantité extrêmement petite, et par conséquent négligeable.

§ 3

Il résulte des considérations que je viens d'exposer qu'il a été, jusqu'à présent, impossible d'établir, sur des données précises, la thermométrie de l'incubation.

Réaumur l'avait tenté au siècle dernier. Mais il n'avait pas, il ne pouvait avoir, dans ses fours à poulets, des températures invariables. On peut s'en assurer facilement par la lecture de son livre. D'ailleurs,

[1] Ces expériences de M. Merlato sont d'autant plus intéressantes qu'il avait cru d'abord devoir en tirer une conséquence toute contraire. Dans une première expérience, il avait partagé la durée de l'incubation des œufs d'autruche en quatre périodes égales de dix jours, et il avait constaté que dans chacune de ces périodes, les œufs avaient dégagé de la chaleur. A la suite d'une communication que j'ai faite, le 1er février de cette année, à la Société d'acclimatation, et dans laquelle je faisais connaître les résultats des expériences que je mentionne dans le texte, il reprit ses expériences en mesurant, jour par jour, la chaleur produite par les œufs. Il a constaté ainsi que, pendant les six premiers jours, les œufs d'autruche n'avaient pas dégagé de chaleur. MERLATO, *Sur la chaleur développée par l'embryon pendant l'incubation*, dans les *Bulletins de la Société d'acclim.* 3e série, t. X, p. 11, 1883. — *Sur la chaleur émise par les œufs d'autruche pendant l'incubation*. Ce dernier travail, encore inédit, a été lu devant la Société d'acclimatation dans sa séance du 12 avril 1889.

les degrés de températures qu'il a observés sont notablement plus élevés que ceux que j'ai observés moi-même; différence que je m'explique par le déplacement du zéro dans ses thermomètres, fait qui n'a été connu que longtemps après lui.

Prévost et Dumas ont indiqué d'une manière générale les conditions thermiques de l'incubation, ainsi que le rôle de la chaleur dans la production des monstres. Mais les appareils dont ils se servaient, simples étuves sans régulateurs, ne pouvaient pas donner des températures constantes. Toutes les observations qu'ils ont faites ont été résumées par eux dans la phrase suivante : « La température exerce sur le développement du poulet une influence profonde et singulière. L'incubation a lieu depuis 28 ou 30 degrés centigrades jusqu'à 44 ou 45 degrés centigrades; mais la température la plus convenable est de 30 à 40 degrés. On peut rendre à volonté des fœtus monstrueux en couvant à 30 ou 45 degrés[1]. »

Il y a, dans ces phrases, des notions vraies, mais aussi des notions inexactes. La température supérieure de l'incubation est trop élevée; car le germe meurt à 44°. En outre, Prévost et Dumas ne donnent aucun détail sur les monstres qu'ils ont observés à des températures inférieures ou supérieures à celles qui produisent l'évolution normale. Ces deux physiologistes ne m'ont donc donné, quoiqu'on en ait dit, que de simples indications.

J'ai repris depuis longtemps la question dans son ensemble, et j'ai cherché à établir, par des expériences précises, les températures qui produisent l'évolution normale et celles qui produisent l'évolution anormale. Il fallait pour cela faire développer les œufs dans des couveuses dont la température serait parfaitement constante pendant toute la durée de l'incubation. On a vu pourquoi, jusqu'à présent, je n'y suis pas parvenu. Mais en attendant que je puisse, comme je l'espère, reprendre la question en étudiant l'évolution de l'embryon pour chaque degré de température utile, je puis cependant mentionner un certain nombre de faits généraux qui résultent de mes expériences et que je considère comme définitivement établis.

C'est à 28° de l'échelle centigrade qu'a lieu la température *minima* de l'évolution du germe, ou, si l'on aime mieux, le zéro de l'échelle thermométrique de l'incubation, comme Prévost et Dumas l'ont d'ailleurs signalé.

[1] Dumas, Article Œuf du *Dict. class. d'hist. nat.*, t. XII, p. 121.

L'évolution commence à 28° et à 29°; mais dans des conditions toutes particulières. Elle est très lente; elle s'arrête de très bonne heure. L'embryon périt alors, dans un stade bien antérieur à celui de la formation du cœur et de l'aire vasculaire.

Ce fait a une certaine importance; car la température de 28° est souvent la température de l'air pendant les mois d'été, dans notre climat. Il en résulte que les œufs, quand on n'a pas soin de les conserver dans des locaux frais, peuvent, même sans incubation naturelle ou artificielle, commencer à se développer, puis périr.

On voit alors, quand on ouvre un œuf un certain temps après la mort de l'embryon, que cet embryon, placé au centre du blastoderme, est en train de se décomposer, bien qu'il soit encore facilement reconnaissable. Si les œufs ne sont ouverts que lorsque l'embryon a péri depuis quelques jours, l'embryon peut avoir disparu mais en laissant des traces non équivoques de son existence. Le blastoderme s'est formé et il présente à son centre un espace clair, tout à fait transparent, qui n'est autre chose que la place occupée antérieurement par l'embryon. Là les deux feuillets extérieur et intérieur du blastoderme, l'ectoderme et l'entoderme sont complètement séparés et présentent des replis tenant à leur distension antérieure par les éléments du mésoderme actuellement disparus. Il y a, d'ailleurs, un autre signe de l'existence antérieure de l'embryon, c'est la consommation de l'albumine. Quand on suit le développement de l'embryon, on voit que l'albumine disparaît progressivement au-dessus du blastoderme, en formant un cylindre creux qui va toujours en s'élargissant; fait qu'il est très facile de constater par la coagulation de l'albumine[1]. Si l'œuf est ouvert encore plus tard, le blastoderme lui-même disparaît, au moins partiellement.

Wolf parle déjà de ces blastodermes dans lesquels on ne trouve que des traces d'embryon, et de ceux dans lesquels on n'en trouve plus[2].

Cette mort précoce de l'embryon et sa disparition plus ou moins complète, ont souvent induit en erreur les embryogénistes. C'est à un

[1] AGASSIZ, *Embryology of Turtle*, dans les *Contributions to natural History of the united States*, t. II, p. 518, 1857.

[2] WOLFF : « Nunquam embryo conspicitur, quin areola quoque haec circa eum observetur. Sed vidisse quoque mihi visus sum in ovis duodecim circiter vel octodecim horas incubatis istam foveam vacuam sine ullo embryonis vestigio. Et in aliis ejusdem aetatis ovis similiter areolam vidi, in qua tamen embryonis rudimentum continebatur. » *De formatione intestinorum*, dans les *Novi comment. Petrop.* t. XII, p. 432, 1768.

fait de ce genre qu'est due incontestablement l'opinion fausse de Malpighi lorsqu'il croyait voir l'embryon dans la cicatricule avant l'incubation[1]. Panum a pris des faits semblables pour des anomalies, c'est-à-dire pour des blastodermes développés sans embryon[2].

La température *maxima* qui donne l'évolution est 43°, et non 44° ou 45°, comme l'admettent Prévost et Dumas. Je n'ai jamais observé de développement dans les œufs que j'avais mis en incubation à ces températures.

L'échelle thermométrique centigrade ne donne donc que seize degrés de température utile. Et parmi ces seize degrés il n'y en a que cinq qui donnent l'évolution normale, 35° à 39°. Au-dessus et au-dessous, l'évolution aboutit presque toujours à la formation d'anomalies et de monstruosités.

Je dis *presque toujours;* car il n'est pas possible, dans bien des cas, d'affirmer qu'un embryon est normal ou anormal. Les anomalies apparaissent d'autant plus rapidement qu'elles sont plus intenses; tandis que les anomalies légères apparaissent tardivement. Quand on ouvre un œuf après deux ou trois jours d'incubation, on peut rencontrer un embryon actuellement normal, mais qui serait devenu monstrueux s'il avait continué à se développer. Presque toutes les monstruosités simples ont, pour fait initial, un arrêt de développement. Si l'arrêt de développement est le seul fait tératologique, et s'il n'entraîne pas, après lui, des faits tératologiques d'une autre nature, des soudures ou des déviations, il est souvent impossible de le constater par l'observation. Tel est, par exemple, le cas de l'éventration ou de la *célosomie*. Les parois thoraco-abdominales sont primitivement ouvertes; elles ne se ferment qu'à une certaine époque, vers le cinquième jour, en laissant par conséquent à nu les viscères qu'elles doivent plus tard recouvrir. Qui pourra dire alors où finit l'état normal, où l'anomalie commence?

Il faut encore ajouter que si l'on examine les embryons développés de 34° à 35°, ou de 39° à 40°, on rencontre à la fois des embryons normaux et des embryons monstrueux. Cela tient au fait de l'individualité qui se retrouve toujours en tératogénie. Il y a des embryons qui résistent mieux que les autres aux causes tératogéniques, quand ces causes n'ont pas une très grande intensité.

[1] Voir l'introduction, p. 10.

[2] PANUM, *Untersuchungen*, etc., p. 30, pl. I, fig. 1. C'est ce qu'il appelle *Abortive Doppelschildbildung*.

La constatation de ces faits est d'autant plus importante qu'elle donne une méthode tératogénique bien facile et très sûre qui permet de produire presque autant de monstruosités qu'il y a eu d'œufs fécondés mis en incubation. C'est pourquoi je me suis servi de cette méthode, de préférence à toutes les autres, pour me procurer les matériaux nécessaires à mes études et à la rédaction de mon livre. Mais l'importance d'une méthode ne dépend pas seulement des résultats scientifiques qu'elle fait acquérir; elle consiste aussi dans les notions qu'elle donne sur le rôle des agents qu'elle met en jeu. Je dois donc signaler les faits généraux qui se rattachent à l'emploi tératogénique des températures supérieures ou inférieures à celles qui donnent l'évolution normale.

Les températures élevées et les températures basses produisent, en général, les mêmes anomalies. Je n'ai constaté, jusqu'à présent, qu'une seule exception à cette règle. Il y a une anomalie que je n'ai vu se produire que par l'action de températures élevées; c'est l'arrêt de développement et le défaut de canalisation des îles de sang, anomalie qui détermine une forme particulière de l'anémie, et consécutivement l'hydropisie de l'embryon. J'ai rencontré ce fait nombre de fois, sans qu'il m'ait été possible d'en trouver l'explication. Les températures basses produisent également l'anémie embryonnaire, mais par un tout autre procédé, la diminution plus ou moins grande de la formation des globules du sang[1].

J'ai déjà signalé ce fait de la production des mêmes anomalies par les causes les plus diverses[2]; mais il est ici d'autant plus remarquable que les températures élevées et les températures basses agissent cependant d'une manière très différente sur l'évolution de l'embryon. Les températures élevées l'accélèrent notablement, tandis que les températures basses la ralentissent.

L'évolution des embryons sous les températures de 30° à 34°, se fait avec une grande lenteur. Il leur faut alors sept ou huit jours pour atteindre le stade de développement que l'on observe généralement dans l'évolution normale, après trois jours, stade caractérisé par l'apparition du cœur et par la première circulation. En outre, quand les embryons ont atteint ce stade, il ne peuvent pas le dépasser. Je n'ai jamais vu alors les phénomènes embryogéniques aller plus loin. L'embryon continue à

[1] Dareste, *Sur l'anémie des embryons*, dans les *Archives de zoologie expérimentale*, t. I, p. 169, 1872.

[2] Voir p. 81.

vivre pendant un certain temps; mais sans se développer. Puis la vie s'arrête complètement. Il semble qu'il y ait là une période critique que l'embryon ne peut pas franchir, période caractérisée par l'impossibilité du développement de l'allantoïde qui reste dans son premier état d'appendice de la partie postérieure de l'intestin, et qui ne peut atteindre la coquille pour jouer le rôle d'organe respiratoire. J'ai cherché à diverses époques, s'il ne serait pas possible d'obtenir la reprise des phénomènes embryogéniques en soumettant l'embryon, ainsi arrêté dans son développement, à l'action d'une température donnant l'évolution normale. Ces essais ont toujours échoué; mais je n'ai pu découvrir la cause de ces insuccès. Dépendaient-ils d'une impossibilité absolue, ou seulement d'une condition inhérente à la manière dont j'avais fait l'expérience?[1]

L'incubation à des températures supérieures à celles qui donnent l'évolution normale présente des faits précisément inverses. Dans ces conditions l'évolution est très rapide. L'embryon atteint souvent après vingt-quatre ou trente heures d'incubation, un état de développement que l'on n'observe, sous les températures normales, qu'au bout de trois jours.

Je n'ai pu, jusqu'à présent, par suite de l'impossibilité où je me suis trouvé de maintenir la température de la couveuse absolument invariable, savoir si à chaque degré de température supérieur ou inférieur à celle de l'évolution normale, correspondent certaines particularités dans la manière dont s'effectue l'évolution. Tout ce que je puis dire, d'une manière générale, c'est que l'intensité de la monstruosité, si l'on peut parler ainsi, est en rapport avec l'intensité de la cause tératogénique. On rencontre des monstruosités beaucoup plus graves vers 30° ou 43° que vers 35° ou 40°. Mais l'individualité de l'œuf, sur laquelle j'ai longuement insisté, et qui amène des résultats variables pour les œufs incubés dans les mêmes conditions, ne permet pas actuellement d'établir des règles fixes. Sans doute on parviendra, par une étude attentive de toutes les conditions dans lesquelles les œufs se produisent, à diminuer, de plus en plus, la dissemblance des résultats obtenus, mais on n'arrivera jamais à la faire disparaître d'une manière complète.

[1] Cet arrêt total du développement de l'embryon, à l'époque de la formation de l'allantoïde, ne se produit pas seulement dans l'incubation à des températures relativement basses. Je l'ai rencontré également dans des œufs dont la coquille avait été recouverte de vernis incomplets. Je reviendrai plus loin sur ce fait.



La vie des monstres est d'autant plus courte que la température de l'incubation est plus élevée ou plus basse. Ce fait est une conséquence nécessaire de l'intensité de la monstruosité, beaucoup plus grande dans ces conditions, et qui diminue, dans une proportion très notable, la viabilité.

§ 4

Réaumur signale le fait que la durée de l'incubation n'est pas la même pour des degrés différents de température; qu'elle est plus courte pour les températures élevées, plus longue pour les températures basses[1]. Bonnet le dit également : « On peut à volonté accélérer ou retarder l'éclosion des poulets en augmentant ou en diminuant le degré de chaleur; mais cette possibilité est renfermée dans certaines limites que l'expérience n'a pas encore déterminées. M. de Villers, savant naturaliste de Lyon, a fait éclore des poulets le dix-huitième jour et le vingt-cinquième. M. Darcet, habile chimiste, en a vu éclore au dix-septième jour et même au treizième[2]. » Cette phrase de Bonnet est très incomplète, et par conséquent insuffisante. Il n'y a aucune indication sur les appareils employés, et sur les températures de l'incubation. D'ailleurs, de pareilles expériences ne pourraient avoir une valeur scientifique qu'autant qu'elles auraient été accomplies dans des appareils à température constante, et ayant, par conséquent, une marche parfaitement régulière.

Les résultats de mes expériences concordent avec les faits annoncés par Réaumur et par Bonnet. On a vu qu'aux températures de 40° à 42°, l'évolution est très rapide, et que l'embryon atteint souvent, en vingt-quatre ou trente heures, le stade d'organisation qu'il n'atteint, dans l'évolution naturelle, qu'après trois jours d'incubation. Au contraire, de 30° à 33°, l'embryon n'arrive à ce stade qu'au bout de sept ou huit jours. La mort précoce de l'embryon, dans ces conditions de température relativement élevée ou relativement basse, ne permet

[1] Réaumur, *Art de faire éclore*, etc., tome Ier, p. 195. L'accélération avait lieu pour des températures de 33° et 33°5 (41°25 et 41°87 centigrades). Le retard, pour la température de 31° (38°75). J'ai déjà fait remarquer que les températures indiquées dans le livre de Réaumur sont beaucoup trop élevées; très probablement par suite du déplacement du zéro dans ses thermomètres.

[2] Bonnet, cité par Spallanzani. *Expériences pour servir à l'histoire de la génération des animaux et des plantes.* Trad. de Sénebier, p. 188. Le fait de Darcet sur des éclosions au bout de treize jours est absolument invraisemblable.



pas d'aller plus loin. Mais si, par impossible, la monstruosité n'était pas incompatible avec la vie, l'embryon arriverait évidemment à l'éclosion, tantôt avec une avance, et tantôt avec un retard.

Cette relation inverse entre la température et la durée de l'incubation, ou, en d'autres termes, cette combinaison du temps et de la chaleur, conduit à penser que la formation du poulet dans l'œuf exige une quantité de chaleur toujours la même, et qu'il n'arrive à l'éclosion que lorsque cette quantité de chaleur a été totalement employée. Il serait donc intéressant de la déterminer. Mais cette question n'est qu'une partie d'une question beaucoup plus générale et qui embrasse l'ensemble des êtres vivants.

Les animaux supérieurs qui possèdent la faculté de produire de la chaleur sont, au moins à l'âge adulte, plus ou moins indépendants de la température extérieure. Il n'en est pas de même des animaux inférieurs et des plantes. Ici l'influence de la température est bien évidente. Les manifestations de la vie, plus ou moins ralenties pendant l'hiver, se raniment tous les ans au printemps, avec une énergie d'autant plus grande que la température est plus élevée. On comprend l'importance de ce fait. La distribution géographique des plantes, et, aussi dans une certaine mesure, celle des animaux, résultent en grande partie, de la température du milieu. Le répartition des cultures à la surface du globe dépend également de la même cause. C'est pourquoi l'on a souvent cherché, depuis Réaumur, à donner l'explication de ces faits, au moins pour la végétation des plantes annuelles, en admettant que le produit du nombre de jours nécessaire à la végétation de ces plantes, par la température moyenne du lieu, serait un nombre constant. Mais toutes les méthodes employées dans ce but jusqu'à présent se sont trouvées défectueuses, soit en elles-mêmes, soit par l'imperfection des procédés d'observation[1]. Il y a plus, l'auteur d'un très remarquable ouvrage sur la physiologie végétale, M. Sachs, pense que, pour arriver à des résultats véritablement scientifiques, il faudrait étudier les phénomènes de la végétation, non pas en bloc, comme on l'a fait jusqu'à présent, mais isolément, et établir, par l'expérience, l'influence de chaque degré de température sur chacun de ces phénomènes de la végétation pris à part[2].

Le problème est donc d'une complexité effrayante. On pourrait ce-

[1] Voir dans ALPH. DECANDOLLE, *Géographie botanique raisonnée*, liv. 1er, 1855, la critique très judicieuse que ce savant botaniste fait de ces méthodes.

[2] SACHS, *Physiologie végétale*, trad. de Micheli, p. 75.



pendant la diminuer dans une certaine mesure en se bornant à l'étude de chaque phase de la végétation en particulier. Telle serait, par exemple, l'étude de la germination. On arriverait plus ou moins facilement en faisant germer des graines sous divers degrés de température constante à déterminer la somme de chaleur nécessaire pour l'entier accomplissement de ce phénomène.

La ressemblance de l'œuf animal et de la graine a conduit Gasparin à déterminer la quantité de chaleur nécessaire pour produire l'évolution complète du poulet, en multipliant le nombre de jours de l'incubation naturelle par le degré thermométrique qui exprime la température de la poule couveuse. « La poule couve ses œufs pendant 18 à 21 jours, et son assiduité à rester sur ses œufs leur communique une chaleur de 42°, c'est donc une somme de 756° environ que les œufs de poule exigent pour éclore[1]. »

Comment Gasparin admet-il que la durée de l'incubation ne serait, dans certaines saisons, que de 18 jours? Qu'il puisse y avoir des éclosions hâtives ou des éclosions tardives, cela est incontestable. Mais l'expérience a appris depuis longtemps que le nombre ordinaire des jours d'incubation, est de 21. C'est donc le nombre 882, et non le nombre 756 qu'il faudrait prendre pour la somme de chaleur nécessaire à l'incubation.

Mais cette détermination faite par Gasparin repose entièrement sur quatre hypothèses: 1° l'adoption du nombre 42° comme exprimant la température de la poule; 2° l'invariabilité absolue de cette température pendant toute la durée de l'incubation; 3° l'application continue de la poule sur les œufs également pendant la durée de l'incubation; 4° l'absence de toute chaleur dégagée par l'œuf. Or, ces quatre hypothèses sont toutes contredites par l'expérience. La température de la poule varie très probablement suivant les individus, et très probablement aussi ne se maintient pas constante pendant l'incubation. La poule abandonne ses œufs de temps en temps, et les expose à des refroidissements et à des réchauffements successifs. Enfin, l'œuf produit, pendant l'incubation, une quantité de chaleur, très peu considérable d'abord, mais qui va toujours en croissant, et ne peut pas, par conséquent, être négligée. Il y a donc dans l'incubation naturelle, un certain nombre de causes perturbatrices qui empêchent d'obtenir un résultat satisfaisant.

Mais l'incubation artificielle, à l'aide de laquelle on arrivera sans

[1] GASPARIN, *Traité d'agriculture*, 1re édition, t. III, p. 461.

doute à maintenir un degré de température absolument invariable pendant un temps indéterminé, permettra assurément de réunir toutes les données du problème.

Faisons d'ailleurs remarquer que le problème est beaucoup plus complexe qu'on ne le croirait au premier abord.

Martins a montré que dans le calcul des sommes de chaleur nécessaires à la végétation, il faut compter les températures non à partir du zéro thermométrique, comme on le faisait avant lui, c'est-à-dire à partir de la température de la glace fondante, mais à partir d'un zéro spécial à chaque espèce, celui qui marque la température la plus basse à laquelle les phénomènes de végétation peuvent commencer.

« Toutes les plantes, dit-il, n'entrent pas en végétation à la même température : ainsi, chez les unes, la sève commence à monter lorsque le thermomètre est à quelques degrés seulement au-dessus de zéro ; d'autres ont besoin d'une chaleur de 10 à 12 degrés ; celles des pays chauds exigent une température de 15 à 20 degrés. En un mot, chaque plante a son thermomètre dont le zéro correspond au minimum de température où la végétation est encore possible. Par conséquent, quand on cherche quelle est la somme des températures qui a déterminé la floraison de chacune de ces plantes, il est logique de ne prendre que la somme des degrés de température supérieurs au zéro de chacune d'elles, puisque ces degrés sont les seuls qui soient efficaces pour provoquer ou entretenir leur végétation. On obtient alors véritablement une expression de la chaleur indispensable pour amener le développement des feuilles ou des fleurs. Mais quand on prend pour point de départ le degré de congélation de l'eau, on additionne des degrés de température trop rapprochés du zéro thermométrique pour provoquer la végétation de la plante, avec ceux qui contribuent réellement à son développement[1]. »

Ces remarques de Martins sont parfaitement fondées, et doivent être évidemment le point de départ de toutes les recherches sur les sommes de température dans la physiologie animale comme dans la physiologie végétale ; mais je dois ajouter un fait nouveau qui m'a beaucoup frappé, et que l'on doit nécessairement faire intervenir dans la question dont je m'occupe actuellement ; c'est que ce zéro physiologique, au-dessous duquel les phénomènes embryogéniques ne peuvent se produire, ce zéro varie lui-même suivant les différentes époques de l'incu-

[1] MARTINS, *Voyage en Scandinavie*, p. 89.

bation. En effet, j'ai constaté que l'évolution de l'embryon commence à 28°, mais s'arrête très vite; que de 30° à 34°, elle se produit, bien qu'avec une très grande lenteur, jusqu'au moment où apparaît l'allantoïde; et qu'à 35° seulement et au-dessus, elle peut se prolonger jusqu'à l'éclosion. Il y a là des faits actuellement inexplicables; mais dont il faut tenir très grand compte dans la solution du problème des sommes de chaleur.

M'occupant, avant tout, des conditions de la production des monstres, je n'ai pu, jusqu'à présent, chercher à déterminer la quantité de chaleur nécessaire à l'incubation. Il faudrait, pour cela, faire développer des œufs aux températures *maxima* et *minima* qui donnent l'évolution normale, c'est-à-dire à 39° et à 35°. On vérifierait ainsi les allégations de Réaumur et de Bonnet, sur la relation inverse qui existerait entre la durée de l'incubation et l'élévation de la température. Mais il faut ajouter que, pour que cette expérience ait une signification indiscutable, il faudrait agir sur un nombre d'œufs très considérable, puisque les germes, au moment de la ponte, présentent des états très inégaux de développement.

Il y a donc là une méthode très simple pour déterminer la somme de calories nécessaire à la formation du poulet; mais à la condition cependant que la différence de température n'agirait que sur la rapidité plus ou moins grande de l'évolution embryonnaire. Il est possible, en effet, que la différence de température produise des modifications légères dans les phénomènes embryogéniques, modifications qui pourraient, au moins dans une certaine mesure, changer les résultats de l'expérience.

On peut se demander, par exemple, si les poulets qui éclosent avant les autres ne sont pas plus petits que les autres. L'évolution de l'organisme résulte, en effet, de deux ordres de faits très différents : les faits de formation, c'est-à-dire de production même des organes, et les faits de simple accroissement qui consistent dans l'augmentation de volume des organes déjà formés, ou, pour parler plus exactement, dans la multiplication des éléments histologiques. Or, ces deux ordres de faits, bien que liés entre eux par des relations intimes, ne s'accompagnent pas d'une manière nécessaire, et peuvent, dans certains cas, se trouver en antagonisme. Is. Geoffroy Saint-Hilaire a insisté sur cette opposition, et cherché à expliquer, à son aide, les anomalies de la taille[1]. J'ai moi-même constaté de semblables faits. Dans

[1] Is. Geoffroy Saint-Hilaire, *Traité de tératologie*, t. I, p. 188.

certains cas, lorsque le développement était très rapide, les phénomènes de développement avaient prédominé sur les phénomènes de simple accroissement. Cette différence entre ces deux sortes de phénomènes a même quelquefois produit de véritables nains. Ainsi, dans un œuf que j'ai ouvert vingt-huit heures après la mise en incubation, j'ai trouvé un embryon qui était mort depuis quelque temps, et qui par conséquent ne devait avoir que vingt-quatre ou vingt-six heures d'évolution. Cet embryon avait déjà sa tête retournée sur le jaune, tandis que son corps n'était pas encore retourné. Il avait atteint, par conséquent, la période de développement qui, dans l'état normal, correspond à peu près à la soixantième heure d'incubation; en d'autres termes, son évolution avait été à peu près trois fois plus rapide que dans l'état normal. Mais cette rapidité du développement était compensée par une diminution considérable de la taille. En déplissant l'embryon et en le mesurant suivant son axe longitudinal, j'ai constaté que sa longueur était à peu près le tiers de la longueur de celle des embryons arrivés à la même période; et par conséquent son volume en était le $\frac{1}{27}$. C'était donc un nain. J'ai observé plusieurs faits du même genre[1]. Le nanisme tien-

[1] DARESTE, *Sur certaines conditions de la production du nanisme;* dans les *Comptes rendus*, t. XL, p. 1214, 1865.

Cette explication de l'origine des nains est en rapport, au moins d'une manière très générale, avec ce que nous savons des variations de la durée de l'incubation chez les oiseaux ou de la gestation chez les mammifères. Dans tous les groupes naturels de ces deux classes, cette durée diminue ou augmente avec la taille de l'animal : or, les faits de développement étant essentiellement les mêmes chez tous les animaux d'un même groupe naturel, les différences de taille dépendent uniquement de la différence des faits d'accroissement.

Lorsque j'ai publié cette note j'avais cru pouvoir expliquer ces faits de nanisme par l'action d'une température élevée. Mais je ne me servais pas alors d'étuves où l'œuf est placé dans une masse d'air également échauffée, et je m'étais servi de la couveuse à air libre, dont je parlerai bientôt lorsque je décrirai la méthode tératogénique de l'échauffement inégal de l'œuf. Dans cet appareil, l'œuf n'est en contact que par un point avec la source de chaleur dont la température était alors de 42° ou 43°. C'est dans ces conditions que j'ai observé les nains qui ont fait le sujet de cette note.

Les œufs que j'ai fait couver dans des étuves à 42° ou 43° m'ont présenté souvent, comme je l'ai dit plus haut, une très grande accélération dans les phénomènes évolutifs; mais en même temps, des anomalies et des monstruosités en plus ou moins grand nombre; tandis que les nains dont je viens de parler ne m'avaient présenté d'autre anomalie que la rapidité de leur évolution. Il y a donc, dans leur mode de formation, quelque chose qui m'échappe encore, et je ne puis pas affirmer qu'ils auraient été produits par l'élévation de la température.

Je suis d'ailleurs très porté à croire que le nanisme peut être produit par de tout autres causes que celles que je viens d'indiquer. J'y reviendrai plus tard.

drait donc à la prédominance des faits de développement sur les faits de simple accroissement.

Existerait-il des faits inverses? Le retard que l'on observe dans certains embryons aurait-il pour conséquence de faire prédominer les phénomènes de simple accroissement sur les phénomènes de développement. Et n'aurions-nous pas alors quelque chose d'analogue à ce qui produit l'augmentation excessive de la taille? Je ne puis, pour le moment, que poser la question.

Je dois ajouter ici que le problème de la somme de chaleur nécessaire pour conduire le germe depuis la mise en incubation jusqu'à l'éclosion pourrait d'ailleurs être abordé, d'une manière peut-être plus simple, à l'aide des œufs de poissons, ce qui conduirait à des résultats pratiques d'un grand intérêt. Il faudrait déterminer pour chaque espèce les températures *minima* et *maxima* qui servent au développement, et compter le nombre de jours nécessaires pour que l'embryon arrive à l'éclosion, à des températures relativement basses et à des températures relativement élevées. Des expériences récentes et encore inédites, faites par M. Albert Geoffroy Saint-Hilaire, dans le bel établissement de pisciculture qu'il vient d'installer au Jardin d'acclimatation, lui ont appris que les œufs de salmonides se développent complètement, dans des eaux à température relativement élevée, et donnent naissance à des poissons aussi vigoureux que ceux qui se développent dans des eaux à température relativement basse, contrairement à l'opinion généralement admise par les pisciculteurs. Le problème des sommes de chaleur nécessaires au développement de l'embryon, pourrait donc être facilement étudié pour les œufs de poissons. Ces expériences, faites pour différentes espèces, conduiraient certainement à des notions très importantes, et prépareraient les matériaux d'un des chapitres les plus obscurs encore de la physiologie générale.

§ 5

J'ai cherché à établir, autant du moins que cela pouvait se faire, les conditions thermométriques de l'incubation artificielle, c'est-à-dire, la manière dont se fait l'évolution sous des degrés différents de température constante. Mais l'incubation naturelle, et aussi, dans une certaine mesure, l'incubation artificielle nous ont appris que la constance de la température n'est pas nécessaire pour l'évolution complète. Des

oscillations en plus ou en moins, au-dessus ou au-dessous de la température normale, n'empêchent pas toujours l'évolution et l'éclosion. Il importe donc d'examiner ce qui se passe lorsque la température s'élève ou s'abaisse au-dessus ou au-dessous d'un certain degré.

Disons tout d'abord que ces élévations ou abaissements, même lorsqu'ils sont d'une certaine intensité, ne produisent d'effets nuisibles que lorsqu'ils ont été suffisamment prolongés. Quand ces faits sont temporaires, ils ne peuvent pas agir sur l'embryon. Il faut un certain temps pour que la température de l'intérieur de l'œuf s'élève ou s'abaisse. Ce n'est que lorsque cet effet s'est produit que l'embryon peut s'en ressentir.

Je n'ai point fait d'expérience pour déterminer directement l'influence nuisible de l'élévation de la température sur l'embryon. Mais il est facile de prévoir qu'une très légère élévation de la température au-dessus de la température normale doit le faire périr. Mes observations sur l'incubation à 41°, 42°, 43°, m'ont appris que l'embryon ne se développe que pendant très peu de temps dans ces conditions; qu'à 44° le germe périt et ne peut évoluer. Qu'arriverait-il si l'élévation se produisait à une époque plus avancée de l'incubation? A défaut d'expériences directes, nous pouvons admettre que la température de 48° est une limite supérieure que l'embryon ne pourrait dépasser, car c'est à cette température que, d'après Kühne[1], la myosine se coagule chez les oiseaux, et que, par suite, le système musculaire est frappé de mort. Mais je suis très porté à croire que cette température est elle-même trop élevée, et que les embryons de la seconde et de la troisième semaine ne pourraient pas supporter impunément une température de 44° ou 45°.

Ces faits nous expliquent l'un des grands avantages des couveuses sans feu, dans lesquelles on chauffe les œufs à l'aide d'une quantité plus ou moins considérable d'eau chaude, renouvelée à des intervalles déterminés[2]. Elles sont complètement à l'abri des élévations accidentelles de la température qui, en se prolongeant, peuvent faire périr des couvées entières.

L'abaissement de la température a-t-il un effet aussi nuisible que son

[1] Kühne, *Untersuchungen über das Protoplasma und die Contractilität*, 1864. Réaumur parle d'embryons qui auraient supporté, pendant plusieurs heures, des températures de 46° et 50° (37° et 40° de son thermomètre). Ces faits sont absolument inadmissibles (*Art de faire éclore*, etc., t. I, p. 189). Ils s'expliquent peut-être par le déplacement du zèro que Réaumur ne connaissait pas.

[2] Ces couveuses ont été imaginées par M. Dubus de Rouen.



élévation? Mes expériences m'ont prouvé que les refroidissements, quand ils ne sont pas très intenses ou très prolongés, ne font pas périr l'embryon, mais qu'ils déterminent le ralentissement, et même, dans certains cas, la suspension des phénomènes de la vie. L'évolution est alors ralentie et même complètement arrêtée, lorsque le refroidissement atteint un certain degré. Il est très difficile de déterminer la température au-dessous de laquelle l'évolution s'arrête, car nous n'avons pas, à ce sujet, d'indications précises. Toutefois les expériences que j'ai déjà mentionnées m'ont appris qu'il n'y a aucune évolution au-dessous de 28°, et que de 30° à 34° l'évolution commencée s'arrête fatalement à une certaine époque. Ces faits nous apprennent bien évidemment que, sous l'influence d'un refroidissement, même peu considérable, l'évolution doit s'arrêter temporairement. Mais ces refroidissements, tout en produisant l'arrêt de l'évolution, n'amènent pas nécessairement la mort de l'embryon, comme je m'en suis assuré.

L'évolution, c'est-à-dire la production incessante de cellules nouvelles, est le fait le plus important de la vie embryonnaire, au moins au début de l'incubation. Mais elle ne tarde pas à s'accompagner d'un fait nouveau, la contraction du cœur et la circulation qui en est la suite. L'observation des battements du cœur, leur ralentissement et leur suspension, puis leur reprise, donnent le moyen d'étudier la suspension temporaire de la vie pendant l'incubation. La découverte de cette suspension temporaire de la vie, chez les embryons de poule, d'autant plus remarquable qu'elle n'avait jusqu'à présent été signalée que chez les animaux à sang chaud et chez les plantes, est l'une des découvertes les plus curieuses qui ressortent de mes expériences. Il importe d'y insister avec quelques détails.

Mon point de départ est une observation de Harvey.

Cet illustre physiologiste avait vu que, lorsqu'on ouvre un œuf après trois jours d'incubation, les battements du cœur, d'abord fréquents, se ralentissent, puis s'arrêtent, mais qu'ils reparaissent après un certain temps d'arrêt, quand on touche cet organe avec de l'eau tiède ayant à peu près la température de la poule, ou même simplement avec le doigt un peu chaud. Il avait vu également que cette réapparition des battements du cœur peut se produire à diverses reprises[1].

[1] HARVEY, *Excitationes de generatione animalium*. Ex. 17. Ovo aeri frigidiori exposito, punctum saliens rarius pulsat et languidius agitatur : admoto autem digito calente, aut alio blando fotu, vires statim vigoremque recuperat. Quin etiam postquam punctum hoc statim elanguit et sanguine plenum a motu omni ces-

Cette propriété du cœur de l'embryon fut observée de nouveau par les physiologistes qui étudièrent, après Harvey, l'évolution du poulet ; Langly, Stenon, Maltrejan, Haller et Spallanzani. Ils constatèrent même quelque chose de plus ; c'est que cette propriété n'existe pas seulement au quatrième jour de l'évolution, mais qu'elle peut encore se manifester à une époque beaucoup plus avancée, aux dixième et onzième jours.

J'ai souvent répété cette expérience de Harvey ; et j'ai constaté de plus que la réapparition des battements peut se produire avant le quatrième jour, dès que le cœur a acquis la faculté de se contracter, et avant même qu'il batte sur du sang rouge, c'est-à-dire avant que les cavités du cœur se soient mises en communication avec le réseau des vaisseaux capillaires de l'aire vasculaire. La contractilité du cœur est donc, au début de la vie embryonnaire, sous l'influence exclusive de la chaleur, puisque alors le cœur bat sur du sang incolore et complètement privé de globules, puisque, d'autre part, le système nerveux n'existe pas encore. Or, nous savons que, chez les adultes, la contractilité du cœur est mise en jeu par le contact des globules du sang et par l'action du système nerveux.

Pour étudier avec soin l'arrêt et la reprise des battements du cœur, j'ai pris les embryons au quatrième jour de l'incubation. A cette époque, le cœur s'est mis en communication avec les vaisseaux de l'aire vasculaire, et la première circulation de l'aire vasculaire est complètement établie. De plus, le cœur est à nu dans cet espace que Wolff appelait la *fosse cardiaque*[1]. A une époque plus avancée de l'incubation, l'arrêt et la reprise des battements du cœur sont beaucoup plus difficiles à observer, parce qu'alors cet organe est contenu dans la paroi thoracique, et que cette paroi, transparente d'abord, ne tarde pas à

sans, nullumque vitæ specimen exhibens, morti penitus succubuisse visum est ; imposito digito meo tepente, spatio viginti arteriæ meæ pulsuum, ecce corculum reviviscit, erigitur ; et tanquam postliminio ab Orco redux, pristinam choream redintegravit. Idque alio quolibet leni calore, ignis nempe aut aquæ tepidæ, iterum iterumque a me atque aliis factitatum est ; ut, pro libito, misellam animam vel morti tradere vel in lucem revocare in nostra potestate fuerit.

[1] Il résulte d'ailleurs du fait de l'individualité du germe que l'état du cœur n'est pas exactement le même dans tous les embryons de cet âge. Dans les uns, les moins avancés, le cœur n'est encore constitué que par un canal en forme d'anse dans lequel la région auriculaire occupe la partie inférieure. Dans d'autres, la région auriculaire s'est déjà relevée, et est venue se placer derrière la région ventriculaire. Dans d'autres enfin, la région auriculaire s'est complètement relevée et s'est placée au-dessus de la région ventriculaire, position qu'elle doit définitivement garder.



devenir opaque. On ne peut alors constater ces faits qu'en ouvrant la paroi thoracique, et en provoquant, par conséquent, des lésions plus ou moins considérables qui ne peuvent pas ne pas modifier les résultats des expériences.

J'ai voulu savoir pendant combien de temps le cœur, ayant cessé de battre sous l'influence du refroidissement, pouvait reprendre ses battements sous l'influence de la chaleur. Mais pouvait-on conserver vivants des blastodermes retirés de l'œuf? Évidemment il fallait agir sur l'œuf lui-même, sans l'ouvrir, et le refroidir en le retirant de la couveuse.

Or, j'ai constaté que les battements du cœur ne s'arrêtent pas au moment même où l'œuf est retiré de la couveuse; mais qu'ils persistent pendant un certain temps avant de s'arrêter définitivement.

L'arrêt complet des battements ne se produit pas subitement. Il est toujours précédé par la diminution de leur fréquence et de leur force.

Il est fort difficile d'évaluer la fréquence des battements dans l'état normal. On ne peut les compter tant que l'embryon est enfermé dans la coquille; et, quand la coquille est ouverte, on a placé l'embryon dans des conditions anormales. On ne peut donc obtenir que des chiffres approximatifs. Wernicke qui a fait beaucoup d'observations à ce sujet, a vu, au quatrième jour, celui que j'ai choisi pour mes études, le nombre des battements varier de 90 à 176 pendant la première minute qui suit l'ouverture de la coquille[1]. Or, ce nombre descend assez rapidement, surtout quand la température est basse, à 8, 6, 4, 2 par minute. Cela dure pendant un temps plus ou moins long, jusqu'au moment où les battements s'arrêtent.

J'ai pris de très grandes précautions pour constater l'arrêt des battements. Je cassais la coquille de l'œuf de manière à en enlever une petite partie, je laissais intacte la membrane vitelline, et j'observais le cœur avec une loupe, en l'éclairant à l'aide d'un miroir; disposition comparable à celle de l'ophtalmoscope. Les expériences, faites avec l'aide du D[r] Ernest Martin, m'ont convaincu que les battements du cœur cessaient complètement. On s'assurait ensuite que le cœur n'était point mort, en faisant reparaître ses battements à l'aide de l'eau chaude. La reprise était possible pendant un certain temps; quand elle devenait impossible, c'est que le cœur était mort[2].

[1] Wernicke, cité par Preyer, *Specielle Physiologie des Embryos*, p. 29.

[2] Dans ces dernières années, M. Gerlach a imaginé un petit appareil qu'il nomme *Embryoscope*, et qui permettra sans doute d'observer directement les battements du cœur de l'embryon encore contenu dans la coquille. Il détache un

Assurément on pourrait m'objecter que, tant que le cœur peut recommencer à battre, la cessation des battements ne serait qu'apparente; soit qu'ils se produisissent à des intervalles très éloignés, soit que, devenus excessivement faibles, ils aient cessé d'être perceptibles à la vue. Mais qu'il y ait ou non, dans cet état, arrêt complet des battements, il y a alors un fait physiologiquequi résulte de l'arrêt du cœur, et dont l'existence ne peut laisser aucun doute; c'est l'arrêt de la circulation.

En effet, la force des battements diminue en même temps que leur fréquence. Il arrive donc un moment où le cœur ne peut plus rétablir la circulation. Dans l'état normal, le cœur apparaît à l'œil nu sous la forme d'un point rouge (στίγμη κινουμένη, *punctum saliens*) qui disparaît presque complètement pendant la systole, par suite de l'évacuation du sang, pour reparaître pendant la diastole. Lorsque la contractilité du cœur a commencé à s'épuiser, le cœur ne se vide point complètement pendant la systole, et le point rouge se voit toujours. Le mouvement du sang éprouve alors une modification remarquable. On voit, au moment de la systole, le sang se mouvoir en suivant sa direction normale dans les artères omphalo-mésentériques, tandis qu'il reflue dans les veines omphalo-mésentériques. Pendant la diastole, le sang éprouve dans tous ces vaisseaux, artères ou veines, un mouvement en sens inverse qui le fait refluer vers le cœur. Alors, il n'y a plus de circulation; mais seulement un mouvement oscillatoire du sang dans les vaisseaux. Et ce mouvement oscillatoire diminue en même temps que la force des battements.

Perceptible d'abord jusqu'à l'extrémité des vaisseaux, il ne se manifeste plus, après un certain temps, que dans les troncs qui sortent du cœur. Enfin il arrive un moment où les contractions n'ont plus assez de force pour produire des mouvements du sang à l'entrée des gros vaisseaux. La contractilité du cœur persiste donc un certain

petit segment de la coquille à l'aide d'une couronne de trépan, et le remplace par une lame de verre qui permet d'étudier les modifications éprouvées par le germe pendant l'incubation. C'est d'ailleurs l'application d'une méthode déjà employée au siècle dernier par Béguelin (Béguelin, *Mémoire sur l'art de couver les œufs ouverts* dans l'*Hist. de l'Acad. de Berlin*, 1749, p. 71). Toutefois cette méthode présente un grand inconvénient, le développement des végétations cryptogamiques au-dessous de la petite paroi de verre, développement qui peut être assez considérable pour empêcher l'observation de l'embryon. Si l'on parvient à se mettre complètement à l'abri de cet accident, l'Embryoscope de M. Gerlach pourra rendre certainement de grands services pour l'étude d'un grand nombre de faits d'embryogénie.



temps après l'arrêt complet de la circulation, puis elle finit par s'éteindre[1].

Les battements reparaissent après l'arrêt complet du cœur, quand on touche ces organes avec l'eau chaude. Leur fréquence et leur force sont d'autant plus considérables que l'arrêt a été plus court. Ils peuvent alors rétablir le mouvement du sang dans les vaisseaux, et par conséquent la circulation. Mais quand l'arrêt a duré pendant un certain temps, les battements ne se rétablissent qu'avec une faible intensité, et la circulation est définitivement abolie. Il arrive même un moment où ces battements ne se manifestent plus que dans l'oreillette, l'*ultimum moriens*, comme disait Galien : c'est la dernière manifestation de la vie du cœur[2].

On pouvait prévoir que ces faits de la diminution et de la cessation des battements du cœur se produiraient d'autant plus rapidement que le refroidissement aurait été plus considérable. L'expérience a pleinement réalisé cette prévision.

A la température de 20°, l'arrêt du cœur, avec reprise des battements sous l'influence de l'eau chaude, ne s'est produit qu'au bout de sept jours. L'arrêt définitif, ou en d'autres termes la mort du cœur, ne s'est produit qu'au bout de huit jours.

A la température de 15°, l'arrêt du cœur avec reprise des battements sous l'influence de l'eau chaude s'est produit au bout de quatre jours. L'arrêt définitif ne s'est produit qu'au sixième jour.

[1] L'arrêt complet de la circulation est caractérisé par un fait remarquable. Lorsque le sang se meut dans les vaisseaux capillaires de l'aire vasculaire, les globules ne se voient que dans l'axe du vaisseau, et sont séparés des parois par une couche liquide de plasma. Lorsque le sang est immobile, les globules en occupent le calibre entier. Il en résulte une dilatation apparente. Mais l'examen microscopique fait comprendre que cette dilatation n'est qu'une apparence. Cette particularité peut avoir une certaine importance en pathologie dans l'explication des phénomènes qui accompagnent les congestions.

[2] Gerlach a étudié ces faits dans ces dernières années; mais il en donne une autre interprétation. Il pense que la diminution du nombre des battements, et leur réapparition sous l'influence de la chaleur lorsqu'ils se sont arrêtés pendant un certain temps, résulteraient uniquement de la survie de cet organe, tandis que tout le reste de l'embryon serait frappé de mort. Il est possible qu'il en soit ainsi dans un certain nombre de cas, dans tous ceux du moins où l'évolution est définitivement arrêtée. Mais cette explication cesse d'être admissible, lorsque l'évolution recommence après une suspension temporaire, ainsi que je l'ai constaté dans mes expériences. Ici nous sommes bien obligés d'admettre qu'il y a reprise des manifestations de la vie, après un arrêt momentané. Voir GERLACH, *Ueber die Lebenszähigkeit des embryonalen Herzens von Warmblütern*, dans les *Sitzungsberichte der physikalisch medizinischen Societät zu Erlangen*, 1886, t. 18, p. 84.

A la température de 8° à 10°, l'arrêt du cœur avec reprise des battements, sous l'influence de l'eau chaude, s'est produit au bout de deux jours. L'arrêt définitif ne s'est produit qu'au cinquième jour.

A la température de 1° à 2°, l'arrêt du cœur avec reprise des battements existait déjà quatre heures après la sortie de la couveuse. L'arrêt définitif existait au deuxième jour.

La reprise des battements du cœur, et celle de la circulation qui en est souvent la suite, sous l'influence de l'eau chaude, m'a conduit à rechercher si l'on n'obtiendrait pas les mêmes faits en replaçant dans la couveuse des œufs préalablement refroidis pendant un temps plus ou moins long. Mais alors, j'ai observé un fait absolument inattendu.

Lorsque j'ai remis en incubation des œufs retirés de la couveuse depuis deux jours, et soumis dans mon laboratoire à une température de 10°, non seulement la circulation s'est rétablie, comme je l'avais prévu, mais l'évolution a généralement recommencé et repris sa marche normale, pendant quelques jours. Il est vrai que presque tous les embryons ont péri avant l'éclosion. Toutefois, j'ai vu éclore un poulet soumis à ces conditions et qui a brisé sa coquille le vingt-troisième jour au lieu du vingt et unième. Ce poulet est devenu un très beau coq qui a vécu pendant plusieurs années, et qui n'avait été nullement atteint ni dans sa vie ni dans ses facultés génératrices. J'ai mis en expérience des œufs soumis pendant dix-huit heures à une température de 1° à 2°, et chez lesquels le cœur était complètement arrêté ; ils ont recommencé à évoluer, quand je les ai replacés dans la couveuse. L'extinction accidentelle du gaz qui chauffait la couveuse les a fait périr un peu avant l'éclosion.

Je ne puis assurément donner la preuve directe de cette suspension de la vie, dans les œufs retirés de la couveuse, puis remis en incubation, car les battements du cœur ne peuvent se voir à travers la coquille[1]. Mais la preuve indirecte résulte de ce fait que j'avais ouvert des œufs placés exactement dans les mêmes conditions que les précédents, et dans lesquels j'avais constaté l'arrêt de la circulation et des battements du cœur.

Cette suspension complète et cette reprise de la vie, constatées depuis longtemps chez les végétaux et chez les animaux à sang froid, n'avaient jamais été observées chez les animaux à sang chaud. Nous savons, en effet, par les travaux de Bouchut que dans la syncope,

[1] Ainsi que je l'ai déjà dit, tous ces faits pourraient être mieux étudiés à l'aide de l'embryoscope de M. Gerlach.

attribuée depuis Frédéric Hoffmann à la cessation complète des battement du cœur, il y a seulement diminution du nombre et de l'énergie des battements. Il s'en est assuré par l'auscultation qui permet de constater l'existence des battements, lorsqu'ils ne sont perceptibles ni par l'application de la main sur les parois du thorax, ni par l'inspection du pouls[1].

Ces faits prouvent surabondamment que l'abaissement de la température pendant l'incubation, s'il n'est pas très prolongé, n'exerce d'influence sur l'évolution qu'en la ralentissant dans une certaine mesure. Si cet abaissement dure quelque temps et s'il atteint un certain degré, il produit la suspension de la vie; et cependant la vie pourra recommencer à entrer en action. Ce n'est que par des abaissements considérables de température, prolongés pendant longtemps, que la vie de l'embryon sera définitivement atteinte.

On voit donc comment l'extinction des couveuses, quand elle n'est pas trop prolongée, et le refroidissement des œufs qui en est la suite, n'ont pas nécessairement un effet nuisible sur l'embryon. On conçoit également que cet effet nuisible soit d'autant moins grand à mesure que le terme de l'éclosion approche, parce qu'alors la chaleur produite par les œufs est plus grande. Les poules couveuses sont beaucoup moins assidues vers la fin de l'incubation.

Il y a des oiseaux, comme les autruches, chez lesquels, l'incubation naturelle n'est pas continue. Les observations que je viens de mentionner nous en donnent l'explication[2].

Comme l'embryon est presque entièrement formé au bout de huit jours, un refroidissement de l'appareil d'incubation ne peut produire qu'exceptionnellement des faits tératogéniques d'une certaine gravité.

Aussi, dans les expériences que je viens de rappeler, je n'ai rencontré qu'une monstruosité véritable, la Célosomie, qui résulte du défaut de fermeture des parois abdominales. On voit donc le peu d'importance que nous devons accorder à la méthode du refroidissement temporaire des œufs, méthode imaginée par Panum.

[1] BOUCHUT, *Traité des signes de la mort*, 2e édition, p. 55 et suiv.

[2] On n'a pas encore étudié, à ce point de vue, les conditions du développement de l'embryon dans les œufs des animaux à sang froid, que l'absence d'incubation, au moins dans le plus grand nombre des cas, expose à des alternatives de refroidissement et de réchauffement. Il est très probable que ces alternatives ont pour effet de ralentir et même de suspendre pendant un temps plus ou moins long les phénomènes physiologiques de l'embryon, et que la suspension de ces phénomènes n'entraîne pas immédiatement la mort. Il y a là de belles études à faire; je les soumets aux physiologistes.



§ 6.

Dans toutes les expériences que je viens de mentionner, l'œuf était plongé dans un bain d'air et, par conséquent, également chauffé par tous les points de sa surface.

L'embryon peut également se développer, lorsque l'œuf ne reçoit l'influence de la chaleur que par un seul point, le point culminant, celui où vient toujours se placer la cicatricule. Ce fait est connu depuis assez longtemps; car un Américain, nommé Cantelo, a construit et fait fonctionner une couveuse artificielle dans laquelle la source de chaleur consiste dans une caisse à parois de verre et remplie d'eau chaude, caisse placée au-dessus des œufs.

J'ai construit, en 1861, une couveuse analogue à celle de Cantelo, mais dans laquelle j'ai substitué à la caisse de verre des tuyaux cylindriques[1]. J'ai employé d'abord des tuyaux en verre; mais comme ils étaient fragiles et qu'il m'était souvent difficile de les remplacer quand ils venaient à se briser, j'ai mis à leur place des tuyaux en cuivre. Cet appareil m'a permis de faire couver les œufs en échauffant inégalement les différentes parties du blastoderme. Cet échauffement inégal constitue une méthode tératogénique d'autant plus intéressante qu'elle permet d'obtenir, d'une manière sûre, certaines anomalies du blastoderme et de l'aire vasculaire; tandis que les autres méthodes tératogéniques produisent des monstruosités quelconques, mais dont la nature ne peut être déterminée à l'avance, comme je l'ai déjà signalé.

Voici comment on peut avec cet appareil chauffer inégalement les diverses parties du blastoderme.

L'œuf n'est en contact avec la source de chaleur que par un seul point de sa surface. A partir de ce point la chaleur se propage dans tous les sens, et échauffe une zone plus ou moins considérable de la coquille.

J'ai voulu savoir d'abord si cette propagation de la chaleur se fait également dans tous les sens, ou bien si elle ne présenterait pas des inégalités comparables à celles que Senarmont a constatées dans ses célèbres recherches sur la propagation de la chaleur dans les cristaux[2]. Pour cela, j'ai employé son ingénieuse méthode, en étudiant la forme des figures produites par la fusion d'une couche de cire étendue soit sur un œuf entier, soit seulement sur des fragments de coquille,

[1] Voir la note C, à la fin de la première partie.

[2] Senarmont, *Mémoire sur la conductibilité des substances cristallisées pour la chaleur*, dans les *Comptes rendus*, t. XXV, p. 707, 1847.



et en échauffant la coquille par un seul point à l'aide d'une tige métallique chauffée au rouge. Dans toutes ces expériences, la fusion de la cire a dessiné des cercles, ce qui prouve que, dans la coquille, la chaleur se propage dans tous les sens avec des vitesses égales, en occupant successivement des couches concentriques de plus en plus grandes, mais en diminuant constamment d'intensité. C'était probable; mais il était nécessaire de le constater par l'expérience.

En partant de ces notions de physique, on voit que lorsque le point culminant de l'œuf, celui que vient toujours occuper la cicatricule, est aussi le point de contact avec la source de chaleur, la propagation de la chaleur et le développement du blastoderme marchent, en quelque sorte, parallèlement. Il en résulte que le blastoderme, puis le feuillet vasculaire, se développent d'une manière égale, à partir du point central, dans toute la zone isotherme qui possède une température assez élevée pour déterminer leur formation, et qu'ils prennent un contour circulaire comme cette zone elle-même. Mais si le centre d'où se répand la chaleur, c'est-à-dire le point de contact avec les tuyaux, ne coïncide pas avec le centre du blastoderme, les différentes parties du blastoderme s'échauffent inégalement, puisque celles qui se rapprochent de la source de chaleur sont dans une zone plus chaude que celles qui s'en éloignent. Cette inégale répartition de la chaleur a ainsi pour résultat le développement inégal des deux moitiés du blastoderme et du feuillet vasculaire. Je ferai connaître plus tard les anomalies remarquables qui proviennent de cet échauffement inégal.

On obtient très facilement ce défaut de coïncidence entre le point culminant de l'œuf et le point de contact avec les tuyaux; car il n'y a coïncidence entre ces deux points que dans une seule position, lorsque les œufs sont placés immédiatement au-dessous des tuyaux. Il y a au contraire une infinité de positions possibles de l'œuf, par rapport aux tuyaux de chauffe, dans lesquelles la coïncidence n'existe pas, soit que le grand axe des œufs soit parallèle à l'axe des tuyaux, soit que le petit axe des œufs présente au contraire cette condition de parallélisme.

Mais toutes ces positions ne se prêtent pas au développement de la cicatricule. qui, pour se développer, doit toujours être à une distance peu considérable du point de contact; car elle doit subir l'influence d'une certaine température. Or, le décroissement de la température à partir du point de contact est assez rapide, puisqu'il est proportionnel au carré de la distance. Il est d'ailleurs impossible de déterminer cette distance dans tous les cas, car elle varie avec la température de la

source elle-même et avec la température de l'air qui baigne les œufs. Mais il est évident qu'en aucun aucun cas cette distance ne peut être très considérable; car une élévation de la température de la source jusqu'à 50° aurait pour résultat de modifier la constitution de l'albumine et même de la coaguler[1].

La mesure directe de la distance entre le point culminant et le point de chauffe présente de très grandes difficultés; mais elle peut être facilement calculée à l'aide de deux constructions géométriques très simples, qui s'appliquent l'une au cas où le grand axe et l'autre à celui où le petit axe de l'œuf sont parallèles à l'axe des tuyaux de chauffe[2].

Ainsi donc, la température de la source de chaleur, celle de l'air ambiant, et la distance de la cicatricule ou, en d'autres termes, la distance du point culminant au point de contact, sont liées entre elles par des relations nécessaires qui pourraient peut-être être exprimées par une formule mathématique. Je ne puis, pour le moment, établir ces relations, faute de données numériques exactes. La régularité de marche de mes appareils actuels me permettra quelque jour de le faire.

[1] On admet généralement que l'albumine de l'œuf se coagule à 75°. En réalité, l'albumine de l'œuf est formée de couches concentriques qui diffèrent les unes des autres par la propriété qu'elles ont de se coaguler à des températures différentes. Il y a certaines de ces couches qui se coagulent vers 50°.

Ce fait que j'ai fréquemment constaté avait été déjà signalé par Baudrimont et Martin Saint-Ange, *Recherches anatomiques et physiologiques sur le développement du fœtus*, etc., p. 141.

[2] Voir la note D à la fin de la première partie.

CHAPITRE V

L'INCUBATION. — ACTIONS SECONDAIRES

SOMMAIRE. — 1° Action de l'air sur l'évolution. Respiration de l'embryon. — 2° Influence de l'état hygrométrique de l'air sur l'embryon. Développement de moisissures dans l'œuf. — 3° Influence du retournement et de l'immobilité des œufs sur l'évolution.

§ 1.

Il n'y a point, il ne peut y avoir d'évolution sans l'action de la chaleur. Mais cette condition, bien qu'essentielle, n'est pas la seule; d'autres encore doivent intervenir.

La principale de ces conditions secondaires, est l'action de l'air, ou plutôt de l'oxygène, sur le germe, puis sur le blastoderme et l'embryon. C'est ce qui constitue la respiration de l'embryon, respiration à bien des égards comparable à celle de l'animal adulte.

Je n'étudierai point ici la respiration embryonnaire, et je me contente de renvoyer le lecteur aux mémoires où sont consignées les expériences qui ont démontré que l'œuf en incubation absorbe de l'oxygène et dégage de l'acide carbonique[1]. Je dois me borner à montrer les relations qui existent entre la manière dont s'effectue la respiration embryonnaire et l'évolution elle-même.

Le fait fondamental de toute respiration est un échange de gaz entre l'être qui respire et l'atmosphère. Pour que cet échange puisse avoir lieu pendant l'incubation, il faut évidemment que la coquille de l'œuf soit perméable aux gaz.

La coquille de l'œuf est poreuse. La quantité de matière contenue

[1] Voir à ce sujet : PARIS, *Some remarks on the Physiology of the Egg*, dans les *Philosophical Transactions*, 1810, p. 304. — DUMAS, *Dict. des sc. nat.*, art. ŒUF, t. XII, p. 112. 1824. — DULK, *Untersuchungen über die in den Hühnereiern enthaltene Luft*, dans *Schweigger's Jahrbücher der Chemie*, 1830, p. 28 et 263. — BAUDRIMONT et MARTIN SAINT-ANGE, *Recherches anatomiques et physiologiques sur le développement du fœtus*; dans le *Recueil des savants étrangers*, 1851, t. VI, p. 460. — POTT et PREYER, *Ueber den Gaswechsel und die chemischen Veränderungen der Hühnereier während der Bebrütung*, dans *Pflüger's Archiv*, t. XXVII, p. 320. 1882.

dans sa capacité diminue constamment après la ponte, et surtout pendant l'incubation. Ainsi se forme, presque toujours au pôle obtus, par l'écartement des feuillets de la membrane coquillière, un espace vide qui se remplit d'air et que l'on nomme, pour cette raison, la *chambre à air*. Cet espace vide, parfaitement visible au mirage, est connu de temps immémorial par toutes les personnes qui s'occupent de l'élève des poules. Mais, ce fut seulement au commencement du XVIIe siècle que le grand anatomiste Fabrice d'Aquapendente qui reprit le premier, depuis la renaissance des sciences anatomiques, l'étude du développement du poulet dans l'œuf, soupçonna le rôle physiologique de la chambre à air, en admettant qu'elle est en rapport avec la respiration, et que son augmentation progressive pendant l'incubation est la conséquence de l'accroissement même de cet acte physiologique[1].

Toutefois l'échange des gaz au travers de la coquille ne fut bien établi que lorsque l'on connut la perte de poids que les œufs éprouvent constamment depuis l'époque de la ponte, et principalement pendant l'incubation, où elle est, à peu près, huit fois plus considérable dans un temps donné. La formation de la chambre à air indiquait évidemment que l'air du dehors traverse les parois de la coquille; mais, pour que cette introduction eût lieu, il fallait nécessairement que l'air vînt prendre la place d'une matière exhalée par l'œuf lui-même.

Chose curieuse! Fabrice d'Aquapendente croyait que le poids de l'œuf augmentait pendant l'incubation; parce que, disait-il, les *esprits vitaux* (*spiritus vitales*) viennent s'ajouter aux éléments de l'œuf. Le premier qui signala la perte de poids fut Claude Perrault. Il avait soumis à l'incubation des œufs d'autruche pondus à la ménagerie de Versailles, et il constata qu'après trente-cinq jours d'incubation, les œufs avaient perdu le neuvième de leur poids[2]. Réaumur étudia, à ce point de vue, les œufs de poule; il constata que la perte moyenne pendant l'incubation était contenue entre un cinquième et un sixième du poids initial[3]. Cette expérience, souvent répétée depuis Réaumur, a toujours donné les mêmes résultats, sauf quelques légères différences tenant évidemment aux différents états hygrométriques du bain d'air dans l'incubation artificielle. On pensa d'abord

[1] FABRICE D'AQUAPENDENTE, *De formatione ovi*, 1604. Voir le chapitre qui a pour titre : *Cavitatis, quæ in parte obtusa est ovi, et fœti et non fœti, utilitates*.

[2] PERRAULT, *Mémoires pour servir à l'histoire des animaux*, t. II, p. 138.

[3] RÉAUMUR, *Art de faire éclore etc.*, t. I, p. 200 et suiv.

que cette perte de poids provenait exclusivement de l'évaporation de l'eau contenue dans les éléments de l'œuf, ou de ce que Réaumur appelait la *transpiration insensible*. Lorsque les travaux de Lavoisier eurent renouvelé nos connaissances sur la respiration des animaux, on reconnut que l'œuf, pendant l'incubation, dégage, en outre de la vapeur d'eau, de l'acide carbonique dont la quantité va toujours en croissant jusqu'à l'éclosion. On reconnut également qu'il n'y a pas seulement pénétration de l'air dans la chambre à air ; mais qu'aussi une certaine quantité d'oxygène est absorbée par l'embryon. Ainsi la perte de poids, éprouvée par l'œuf, résulte de l'excès des substances gazeuses exhalées sur celles qui sont absorbées.

Le maintien de la porosité de la coquille pendant l'incubation semblait donc une condition absolument nécessaire de l'évolution embryonnaire. Cette hypothèse a été complètement vérifiée par de nombreuses expériences faites à l'aide de l'application, sur la surface de l'œuf, de substances imperméables à l'air, ou que, du moins, on considérait comme telles.

Réaumur s'occupa beaucoup du problème de la conservation des œufs, au double point de vue de l'alimentation et du maintien de la faculté germinative. Dans ce but, il appliquait sur la coquille, tantôt une couche de vernis, tantôt une couche d'une matière grasse, l'huile par exemple. Il crut avoir résolu cette double question. Les œufs à coquille vernie ou huilée se conservaient parfaitement pour la table pendant plusieurs mois. D'autre part, un œuf préalablement verni, puis dont le vernis avait été enlevé, fut mis en incubation trente-cinq jours après la ponte. Il donna naissance à un poulet[1].

Geoffroy Saint-Hilaire, en 1820, eut le premier l'idée d'appliquer le

[1] Réaumur, *Sur la manière de conserver les œufs*, dans les *Mémoires de l'Ac. des Sc.*, 1735, p. 465. — *Mémoires pour servir à l'histoire des insectes*, 1736, t. II, p. 39. — *Art de faire éclore, etc.*, t. I, p. 247 ; t. II, p. 317. 1751.

Le problème de la conservation des œufs, soit pour l'alimentation, soit pour l'incubation, n'est pas d'ailleurs aussi simple que le pensait Réaumur. Les célèbres travaux de Pasteur nous ont appris que l'altération des matières organiques ou organisées ne dépend qu'indirectement du contact de l'air et qu'elle résulte avant tout de l'action de ces organismes microscopiques que l'on désigne aujourd'hui sous le nom de *microbes*. L'air n'intervient que pour concourir au développement de ces microbes, et même il n'intervient pas quand les microbes sont *anaérobies*.

On pourrait croire que le vernissage aurait pour effet d'empêcher la pénétration des germes de microbes dans l'intérieur de l'œuf. Mais ces organismes microscopiques sont, au moins dans bien des cas, emprisonnés dans l'œuf avant la formation de la coquille. Le vernissage préserve les œufs en empêchant la multiplication des microbes *aérobies*.

vernissage des œufs à la production des monstres. Il se servait pour cela d'un vernissage partiel, de manière à diminuer, sans la détruire complètement, la porosité de la coquille, et à diminuer, par conséquent, l'afflux de l'air sur le germe[1].

Baudrimont et Martin Saint Ange employèrent également le procédé du vernissage partiel dans leurs recherches sur la respiration embryonnaire[2].

Lorsque je commençai, en 1851, mes recherches expérimentales sur la tératogénie, j'eus la pensée d'appliquer le vernissage partiel à la production des anomalies et des monstruosités. Ces recherches, d'abord fréquemment interrompues, ne furent poursuivies d'une manière continue qu'à partir de 1855, année de ma première publication sur ce sujet[3].

Je signalais, dans ce travail, divers faits d'asphyxie et de mort de l'embryon, obtenus par ce procédé. Mais l'emploi de diverses sortes de vernis me conduisit bientôt à des résultats contradictoires. Cherchant à les expliquer, je reconnus que la différence des faits observés tenait, dans bien des cas, à la différence même des vernis. Les uns dé-

[1] Geoffroy Saint-Hilaire, *Des différences de pesanteur des œufs au commencement et à la fin de l'incubation*, dans le *Journal complémentaire des Sciences médicales*, t. VII, p. 271. 1820.

[2] Baudrimont et Martin Saint-Ange, *Recherches anat. et phys. sur le développement du fœtus*, dans le *Recueil des savants étrangers*, t. VI, p. 639.

[3] Dareste, *Mémoires sur l'influence qu'exerce sur le développement du poulet l'application partielle d'un vernis sur la coquille de l'œuf*, dans les *Annales des Sc. nat.* 4e série. *Zoologie*, t. IV, p. 119. 1855.

J'avais signalé, dans ce mémoire, le fait suivant. Vernissant le gros bout de l'œuf, avant l'incubation j'avais vu l'allantoïde se porter du côté du pôle aigu tandis que, dans l'état normal, elle se porte d'abord vers le pôle obtus, celui qui contient la chambre à air. J'avais cru devoir attribuer ce changement de position à un fait instinctif, en vertu duquel l'allantoïde se dirigerait du côté de la coquille où elle pourrait se mettre en contact médiat avec l'air. Or, quelques années après, je reconnus que ce déplacement apparent de l'allantoïde pouvait se produire dans des œufs dont la coquille n'avait point été vernie. L'explication que j'avais donnée n'était donc point exacte. En reprenant la question, j'ai constaté que le déplacement apparent de l'allantoïde résultait d'un arrêt de développement de cet organe, déterminé lui-même par un arrêt de développement de l'amnios et la permanence de son pédicule. J'ai fait cette rectification dès 1863. Dareste, *Note sur la cause des déplacements apparents de l'allantoïde dans l'œuf de poule* dans les *Comptes rendus*, 1863, t. LVI, p. 48. Je ne puis donc comprendre comment on m'attribue encore une opinion que j'ai abandonnée depuis vingt-cinq ans. C'est ainsi qu'un physiologiste allemand, Düsing m'attaque tout récemment pour une opinion que j'ai émise, il est vrai, en 1855, mais que j'ai rejetée en 1863. — Düsing, *Versuche über die Entwickelung des Hühner-Embryo bei beschränktem Gaswechsel*, dans *Pflüger's Archiv*, 1884, t. 33, p. 87.

truisaient presque entièrement la porosité de la coquille; les autres ne faisaient que la diminuer, dans une notable proportion.

J'ai constaté, en effet, que certains vernis que l'on applique à l'état liquide et qui se dessèchent après leur application, diminuent seulement les échanges de gaz, sans les empêcher d'une manière complète. Tel est le vernis à chaussure que j'ai d'abord employé, mais auquel j'ai renoncé parce qu'il est en partie soluble dans l'eau : tel est le collodion avec lequel j'ai poursuivi mes recherches. Or, l'application de ces vernis, sur la surface entière de la coquille, n'empêche pas le germe de se développer, s'il a été fécondé. Dans ces conditions, l'embryon atteint le stade caractérisé par l'établissement de la première circulation vitelline, et l'apparition de l'allantoïde sous la forme d'une petite vésicule sortant, comme un bourgeon, de la partie postérieure de l'intestin. Mais il ne va pas plus loin. L'évolution s'arrête complètement, et la vie elle-même ne tarde pas à s'éteindre. Il est curieux de voir que, dans ces conditions, le terme de la vie est le même que celui des embryons développés à des températures relativement basses. J'ai pu d'ailleurs, tout récemment, constater une nouvelle analogie entre ces embryons et ceux qui se développent dans des œufs entièrement recouverts par des vernis insuffisants, c'est qu'ils sont presque tous affectés d'anomalies. Je n'avais point vu ce fait à l'époque où je faisais mes expériences à l'aide des vernis; parce que j'étais au début de mes études tératogéniques, et que je ne savais pas alors reconnaître les anomalies à l'époque où elles commencent à apparaître. L'anomalie qui se présente le plus souvent dans ces conditions est un arrêt de développement de l'amnios. J'ai constaté également plusieurs cas de *célosomie* à ses débuts.

Au contraire si l'on étend sur la coquille une couche d'huile, même très peu épaisse, le germe fécondé ne se développe point, à la condition que l'application de la substance imperméable ait été faite peu de temps après la ponte. Si l'on attend plusieurs jours, la chambre à air a pris des dimensions assez grandes, et contient une quantité d'air suffisante pour permettre le développement pendant un certain temps.

Il y a donc une différence très nette entre ces vernis. Je me l'explique en admettant que la dessiccation produit dans le collodion des fissures qui laissent une petite quantité d'air traverser la coquille; tandis que les substances grasses forment une couche continue que l'air ne peut traverser que dans une proportion tout à fait insignifiante.

J'ai cherché à mesurer ces différences de perméabilité des vernis, et

j'y suis arrivé par une méthode très simple, la constatation de la perte de poids que les œufs éprouvent, pendant l'incubation et en dehors de l'incubation, quand la coquille est recouverte par une substance présumée imperméable. J'ai reconnu que les vernis qui se dessèchent, comme le collodion, ne diminuent que dans une faible proportion la perte de poids des œufs[1]; tandis que les substances grasses la diminuent dans une proportion très considérable. Cela résulte de très nombreuses pesées faites pendant l'incubation et en dehors d'elle. Voici quelques nombres qui mettent ce fait en pleine évidence. Dans une expérience faite, en dehors de l'incubation, sur des œufs conservés dans les mêmes conditions physiques de température et d'état hygrométrique de l'air, la perte moyenne en un jour était de 0gr050 pour les œufs non vernis, de 0gr033 pour les œufs collodionnés; de 0gr008 pour les œufs huilés. Ces nombres ne laissent aucun doute sur la différence d'action des vernis[2].

La méthode du vernissage partiel pour produire des anomalies ne peut donc être employée, d'une manière certaine, que si l'on se sert de vernis complets, c'est-à-dire presque entièrement imperméable à l'air. J'ai donc repris mes expériences en substituant l'huile au collo-

[1] A l'époque déjà ancienne où je faisais ces expériences, j'ai eu la pensée de soumettre à l'incubation naturelle, sous la poule, des œufs totalement vernis au collodion. J'obtins, à ma grande surprise, des développements complets. J'ai fait ensuite l'expérience avec des œufs totalement vernis à l'huile; j'ai obtenu également des développements complets. Le premier de ces faits s'explique facilement. Le frottement des plumes de la poule peut avoir pour effet d'enlever plus ou moins complètement les lames desséchées de collodion et de rendre ainsi à la coquille sa porosité première. Il est beaucoup plus difficile d'expliquer le second fait. J'ai supposé que les plumes de la poule pouvaient contenir une substance analogue au suint de la laine des moutons qui est un savon à base de potasse, et qu'elles enlèveraient ainsi plus ou moins complètement la couche d'huile appliquée sur les œufs. Mais je n'oserais pas affirmer qu'il n'y ait pas eu de causes d'erreur. L'expérience doit être reprise.

Si l'expérience donnait encore les mêmes résultats, le vernissage des œufs à l'huile donnerait, selon toute apparence, un procédé facile pour conserver les œufs avec le maintien de leur faculté germinative. J'avais essayé d'enlever la couche d'huile adhérente aux coquilles par le lavage à l'aide des substances qui dissolvent les graisses, l'éther, le sulfure de carbone, le bicarbonate de soude. Les œufs ainsi lavés ne m'ont point donné d'embryons. Mais ce lavage serait inutile si la poule couveuse nettoyait les œufs pendant l'incubation comme je croyais pouvoir le supposer.

Quelle que soit d'ailleurs la valeur de ces faits, ils ne s'appliquent en aucune façon à ceux que j'ai obtenus par l'incubation artificielle.

[2] Dareste, *Mémoire sur l'influence qu'exerce sur le développement du poulet l'application totale d'un vernis ou d'un enduit oléagineux sur la coquille de l'œuf,* dans les *Ann. des sc. nat.* 4e série. *Zoologie,* t. XV, p. 5. 1860.

dion, et en vernissant à leur aide, tantôt des moitiés entières de la coquille, et tantôt un nombre plus ou moins grand de parties isolées de la surface de l'œuf[1].

Ces expériences m'ont conduit à des résultats très variés.

Lorsque le germe est recouvert par une zone de la coquille rendue imperméable à l'air il n'y a point d'évolution. On obtient très facilement ce résultat, car le germe vient toujours se placer au point culminant de l'œuf. Cette expérience démontre très nettement que le contact de l'air ou, plus exactement, de l'oxygène est absolument nécessaire à l'évolution. Elle démontre également l'utilité d'une pratique que je recommande depuis longtemps à toutes les personnes qui s'occupent d'incubation, le lavage de la coquille avant l'introduction des œufs dans l'appareil. L'œuf est fréquemment souillé par des taches de sang pro-

[1] En 1884, M. Düsing a repris la méthode du vernissage partiel pour voir dans quelle mesure on peut restreindre les parties de la coquille perméables à l'air sans nuire à l'évolution. Il s'est servi, dans ce but, du bitume de Judée, après avoir constaté, par la méthode des pesées, que ce vernis, bien que se desséchant sur la coquille, la rendait à peu près imperméable. Il l'appliquait sur un tiers, une moitié, ou même les deux tiers de la surface de la coquille, en traçant à son aide des figures parfaitement régulières, et disposées symétriquement, tantôt des zones circulaires, et tantôt des cases quadrangulaires analogues aux cases d'un damier. Ayant mis en incubation trente-cinq œufs ainsi partiellement vernis, il a observé les faits suivants :

1° Dans onze de ces œufs, les embryons s'étaient développés complètement; plusieurs étaient éclos, les autres avaient péri le dix-neuvième ou le vingtième jour. M. Düsing a donc ajouté un fait nouveau à ceux que j'avais déjà observés à l'aide du vernissage partiel : c'est que, même en réduisant à la moitié, ou au tiers, la partie de la coquille qui reste perméable à l'air, on peut avoir des éclosions. Comme je m'occupais uniquement de la production artificielle des monstruosités, je n'avais pas, dans mes expériences, dépassé la première semaine.

Ce fait constaté par M. Düsing peut paraître étrange au premier abord; mais en y réfléchissant, je crois qu'on peut l'expliquer très facilement par la formation de la chambre à air, et par l'emmagasinement d'une certaine quantité d'air dans sa cavité. Sans doute, je lis dans le mémoire en question que la chambre à air ne s'était point formée dans un œuf dont M. Düsing avait verni le pôle obtus et qu'il avait mis, quelques jours plus tard, en incubation. Mais les œufs qu'il a mis en incubation après avoir diminué, par le vernissage, l'étendue de la surface poreuse, présentaient, au pôle obtus, des parties perméables et des parties imperméables. On s'en assure facilement en observant les quatre figures qu'il a données des œufs ainsi vernis. Rien ne s'opposait donc à la formation de la chambre à air dans les œufs ainsi préparés.

2° Huit œufs présentaient un embryon mort dans les premiers temps de l'incubation. M. Düsing ne dit pas si ces embryons étaient anormaux ou monstrueux. Je dois rappeler ici une remarque que j'ai déjà faite (voir p. 103, note 1), c'est que les personnes étrangères à la tératogénie peuvent très facilement méconnaître les anomalies, lorsqu'elles sont à leur début.

3° Enfin seize œufs n'étaient pas fécondés. Mais comment M. Düsing le sait-il?

venant de lésions de l'oviducte, au moment de la ponte, ou par des taches de fumier. Si ces taches occupent le point culminant de l'œuf pendant l'incubation, elles peuvent empêcher complètement le développement du germe ou, du moins, l'entraver dans une proportion considérable.

Lorsque le germe était, au début, dans une zone perméable, l'évolution s'est produite; mais elle était tantôt normale et tantôt anormale, évidemment suivant les rapports de position des diverses parties du blastoderme ou de l'embryon avec les zones imperméables. Ici, comme dans toutes mes expériences tératogéniques, les anomalies ont été très variées et ne présentaient aucune condition commune. Il y a seulement un fait que j'ai constaté plusieurs fois, c'est que les globules du sang se formaient en beaucoup moins grand nombre dans les parties de l'aire vasculaire placées au-dessous de la zone imperméable que dans celles qui n'étaient pas préservées du contact de l'air. Il y avait donc là une nouvelle analogie avec les embryons développés à des températures relativement basses, chez lesquels j'ai souvent observé une diminution notable dans la production des globules, en d'autres termes une véritable anémie[1].

Au vingt et unième jour de l'incubation, la cicatricule inféconde et la cicatricule fécondée, mais non développée, sont plus ou moins décomposées, et ont perdu, par conséquent, les caractères qui permettent de les distinguer. D'autre part, le blastoderme a pu exister, et même aussi l'embryon développé dans le blastoderme, puis ils ont péri et se sont plus ou moins décomposés. Au vingt et unième jour de l'incubation, il devient souvent impossible d'en reconnaître l'existence. On voit donc que l'expression dont s'est servi M. Düsing, *œufs non fécondés* (*unbefrüchtete Eier*), s'applique à des faits très différents, et on peut se demander si, parmi ces œufs, il en était dont les germes ne s'étaient point développés, parce qu'ils avaient au-dessus d'eux des parties de la coquille absolument imperméables, et d'autres, dont les germes avaient donné naissance à des embryons monstrueux ou morts de très bonne heure.

C'est une question que je soumets aux physiologistes qui seraient tentés de répéter les expériences de M. Düsing. Il faudrait ouvrir les œufs sept ou huit jours seulement après la mise en incubation. Si mon hypothèse était vérifiée par les faits, il y aurait une concordance parfaite entre les observations de M. Düsing et les miennes.

Je vois dans le travail de M. Düsing la mention d'un fait intéressant. La diminution de la porosité de la coquille fait que la perte de poids pendant l'incubation est considérablement amoindrie. Et cependant l'embryon peut éclore dans ces conditions. L'évaporation de l'eau à la surface de l'œuf pendant l'évolution, ou la *transpiration insensible*, ne joue donc pas un rôle physiologique important; c'est seulement un fait physique tout à fait secondaire. (Voir Düsing, *Versuche über die Entwickelung des Hühner-Embryo bei beschränktem Gaswechsel*, dans *Pflüger's Archiv*, t. XXXIII, p. 67, 1884.)

[1] Voir p. 119.

On peut donc produire des anomalies de deux manières différentes, par l'application sur la coquille de substances plus ou moins imperméables à l'air : soit par le vernissage total à l'aide d'un vernis incomplet, comme le collodion; soit par le vernissage partiel à l'aide d'un vernis complet, comme l'huile. Le vernissage total à l'aide d'un vernis incomplet ne donne, en général, que des anomalies peu importantes. Il n'en est pas de même du vernissage partiel à l'aide d'un vernis complet. Les nombreuses expériences que j'ai faites dans ces conditions mettent à notre disposition une méthode tératogénique très simple et d'un emploi facile, mais qui ne donne pas de résultats certains, puisque l'embryon est alors normal ou anormal, suivant des conditions que je n'ai pu, jusqu'à présent, déterminer d'une manière précise. Comme je m'occupais, avant tout, de produire des monstres pour étudier leur mode de formation, j'ai abandonné depuis longtemps cette méthode, pour employer exclusivement la méthode thermique dont l'emploi me permettait de me procurer presque autant de monstres que je mettais d'œufs fécondés en incubation.

Dans ces dernières années, M. Gerlach a repris la méthode du vernissage partiel en la perfectionnant.

J'avais vu que le germe ne se développe point au-dessous d'une zone de la coquille imperméable à l'air. M. Gerlach a constaté le fait inverse. Le germe commence à se développer dans un œuf dont la coquille a été presque totalement vernie, à l'exception d'une zone circulaire de deux centimètres de diamètre, à la condition que cette zone perméable soit placée immédiatement au-dessus du germe. On réalise très facilement cette condition, car le germe se plaçant toujours dans le point culminant de l'œuf, il suffit que la zone perméable soit placée dans la région du point culminant. Dans ces conditions, l'embryon se développe normalement, au moins pendant deux ou trois jours.

Partant de cette observation qui lui montrait l'évolution embryonnaire s'effectuant d'une manière normale, lorsque le germe reçoit directement l'action de l'air, M. Gerlach a cherché à modifier la forme de l'embryon, pendant son développement, en vernissant presque entièrement la coquille, et en laissant seulement à son point culminant de très petits espaces dépourvus de vernis.

On verra plus tard que l'embryon, lorsqu'il se développe sur le jaune, est presque toujours orienté d'une certaine façon entre le pôle obtus et le pôle aigu. L'espace perméable réservé avait, du côté où se forme l'extrémité caudale. un seul jambage; il en avait deux du côté où se

forme l'extrémité céphalique : il avait donc la forme d'un Y ou d'un V. M. Gerlach pensait qu'il parviendrait par ce procédé à modifier le développement de l'embryon et à déterminer la division de l'extrémité céphalique. On pourrait ainsi produire à volonté certaines formes de la monstruosité double, celles qui sont caractérisées par la dualité plus ou moins complète de la tête [1].

M. Gerlach pense avoir réussi dans ses expériences. Mais, quelle que soit l'estime que je professe justement pour ses travaux, il ne m'est pas possible de partager sa manière de voir. En réalité, sur soixante œufs mis en expérience, il n'a constaté que deux cas qu'il considère comme présentant incontestablement la dualité de la tête. Or il y a un de ces cas pour lequel je ne puis être de son opinion, et qui me paraît appartenir à une monstruosité tout autre, la Cyclopie compliquée d'une Exencéphalie complète [2]. Il n'y a donc dans les expériences de M. Gerlach qu'un seul fait de division antérieure de l'embryon; c'est un cas dans lequel la ligne primitive se bifurque à son extrémité antérieure [3]. Evidemment ce fait peut s'expliquer, comme je crois que l'on doit expliquer la formation des monstres doubles, par un état primitif du germe.

Si le procédé de M. Gerlach produisait effectivement la dualité monstrueuse, il n'en produirait pas un seul cas, mais un nombre considérable.

Mais s'il n'a point produit la dualité monstrueuse, M. Gerlach est arrivé d'ailleurs, par son procédé, à produire artificiellement un assez grand nombre de monstruosités simples, monstruosités qui se rattachent à des types connus; il a vu également d'autres embryons évoluer d'une manière normale, mais avec un retard manifeste dans les phénomènes évolutifs. Ces expériences ont donc une grande importance, bien qu'elles n'aient pas conduit leur auteur au but qu'il se proposait d'atteindre.

M. Gerlach avait constaté que l'embryon était normal quand le germe se développait sous une zone perméable de deux centimètres de diamètre. Qu'arriverait-il si cette zone était diminuée? M. Gerlach et M. Koch, son élève, se sont posé la question. Ils ont réservé, sur la coquille vernie presque en totalité, des zones perméables circulaires

[1] Gerlach, *Die Entstehungsweise der Doppelmissbildungen bei den höheren Wirbelthieren*, 1882, p. 115 et suiv. — M. Gerlach ne dit pas quel est le vernis dont il s'est servi.

[2] Gerlach, *loc. cit.*, p. 126, Taf. IX, fig. 8.

[3] Gerlach, *loc. cit.*, p. 121, Taf. VIII, fig. 3.

de six millimètres, et même de quatre millimètres et demi de diamètre, tantôt occupant le point culminant de l'œuf, et tantôt placées à un centimètre de ce point culminant.

Dans le premier cas, lorsque la cicatricule était placée immédiatement au-dessous de la zone perméable, les embryons se développaient très lentement, et la taille était plus ou moins diminuée. Ils étaient à peu près normaux, mais presque tous dépourvus d'amnios. Lorsque la zone perméable était à une certaine distance de la cicatricule, les embryons étaient en outre affectés de monstruosités plus ou moins graves [1]. La petitesse de la taille qui caractérisait presque tous ces embryons prouve que le nanisme peut résulter de conditions très différentes, puisque ici cette anomalie s'accompagnait d'un retard très marqué dans le développement; tandis que j'ai constaté que, dans certains cas, cette anomalie résulte de la prédominance des faits de développement sur les faits de simple accroissement, prédominance qui amène une très grande rapidité de l'évolution [2].

Le vernissage partiel est donc devenu entre les mains de MM. Gerlach et Koch une méthode tératogénique qui peut rendre des services comparables à ceux que rend la méthode thermique.

§ 2.

L'air contient toujours une certaine quantité de vapeur d'eau, variable selon les circonstances. On doit donc se demander si l'état hygrométrique de l'air, ou ce que les physiciens appellent la *fraction de saturation*, exerce une certaine influence sur le développement de l'embryon.

On croit généralement qu'une certaine quantité de vapeur aqueuse, mélangée à l'air, est nécessaire pour le développement de l'embryon, et qu'il est, par conséquent, indispensable de placer des cuvettes pleines d'eau dans les appareils d'incubation artificielle. J'ai longtemps partagé l'opinion commune. Or mes recherches m'ont prouvé que la sécheresse de l'air ne peut pas nuire à l'évolution, parce que les œufs en incubation maintiennent toujours autour d'eux une certaine humidité [3],

[1] Gerlach et Koch, *Ueber die Production von Zwergbildungen im Hühnerei auf experimentellem Wege*, dans la *Biologische Centralblatt*, t. II, p. 22. 1884. — Koch, *Ueber die künstliche Herstellung von Zwergbildungen im Hühnerei*, 1884.

[2] Voir p. 125.

[3] Il arrive quelquefois que l'embryon se colle vers le troisième jour à la paroi interne de la coquille, ce qui le fait périr. J'ai considéré, à une certaine époque, ce collage de l'embryon comme produit par un air trop sec. J'ai reconnu depuis qu'il provient d'une cause tout autre, l'immobilité de l'œuf pendant l'incubation. Voir à ce sujet le § 3 du présent chapitre.



tandis que l'excès de vapeur a toujours une influence nuisible. C'est le résultat d'un très grand nombre d'expériences instituées pour étudier l'évolution dans des états hygrométriques déterminés.

Les étuves dont je me sers pour l'incubation artificielle présentent, à la partie inférieure et à la partie supérieure, des ouvertures destinées au renouvellement de l'air. Ce renouvellement s'opère de lui-même, par suite de la différence de température entre l'air contenu dans la couveuse et l'air même de la pièce. L'air contenu dans la couveuse s'échappe par les ouvertures supérieures et se renouvelle par les ouvertures inférieures.

L'air de la pièce contient évidemment une certaine quantité de vapeur d'eau dont la force élastique augmente en pénétrant dans la couveuse, chauffée à une température plus élevée que la pièce.

J'ai augmenté la sécheresse de l'air en plaçant dans la couveuse des substances qui absorbent la vapeur d'eau, comme le chlorure de calcium, la potasse caustique, l'acide sulfurique concentré. J'ai augmenté l'humidité de l'air en plaçant dans la couveuse des cuvettes pleines d'eau distillée, constamment renouvelée.

Pour accroître encore ces effets, j'ai, dans certains cas, supprimé complètement la ventilation en fermant toutes les ouvertures inférieures et supérieures.

Comme, dans la fermeture complète des appareils, l'air pouvait être altéré par l'incubation elle-même, j'ai eu la pensée de faire traverser une couveuse par un courant d'air complètement sec ou complètement humide. L'exiguïté de mon laboratoire ne se prêtait pas à une pareille expérience. Je me suis donc adressé à mon ami bien regretté, le baron Paul Thenard, qui a mis à ma disposition, avec la plus grande cordialité, son laboratoire particulier. J'ai pu réaliser ainsi ma pensée de faire couver des œufs dans des courants continus d'air complètement desséché ou complètement humide, courants que je produisais à l'aide d'une trompe.

Pour interpréter ces expériences, il fallait mesurer l'état hygrométrique du bain d'air dans lequel les œufs étaient placés. Je me suis servi, dans ce but, de la méthode psychrométrique, méthode qui consiste à déduire l'état hygrométrique de l'air de la comparaison de la température donnée par un thermomètre sec avec celle qui est donnée par un thermomètre dont la boule est enveloppée d'un morceau de mousseline mouillée. Cette méthode n'est pas à l'abri de certaines objections. On lui reproche, avant tout, l'impossibilité où l'on est de

construire deux thermomètres donnant des indications absolument identiques[1]. Dans mes expériences, le même thermomètre peut servir successivement de thermomètre sec et de thermomètre mouillé.

Pour déduire l'état hygrométrique de mes couveuses de la comparaison des deux températures données par le même thermomètre observé, d'abord sec, puis mouillé, je me suis servi de la formule donnée par Regnault[2].

Bien que je sois arrivé à dessécher presque entièrement l'air de mes couveuses, lorsque je les étudiais à vide, je n'ai pu, pendant l'incubation, obtenir comme fraction de saturation *minima* que le nombre 0.20, nombre qui n'est qu'approximatif, mais qui ne doit pas différer d'une manière notable du nombre réel. L'explication de ce fait est très simple; l'air ne peut se dessécher complètement pendant l'incubation par suite de la vapeur d'eau que les œufs couvés exhalent constam-

[1] Bosscha, *Sur la dilatation absolue du mercure et sur la comparaison du thermomètre à mercure avec le thermomètre à air*, dans les *Comptes rendus*, t. LXIX, p. 877. 1869. « Deux thermomètres qui ont été rigoureusement calibrés, dont les points fixes 0 et 100 degrés coïncident exactement, peuvent présenter entre 0 et 100 degrés des différences de près d'un demi-degré centigrade. » Les thermomètres ont donc leur individualité, si l'on peut parler ainsi. Je ne puis pas ne pas signaler ce fait, après toutes les objections qui ont été opposées à mes expériences. L'identité absolue de deux objets n'est pas plus possible dans les objets de création humaine que dans les êtres vivants.

[2] L'état hygrométrique de l'air, ou la *fraction de saturation*, est le rapport de la force élastique de la vapeur qui existe dans l'air au moment de l'expérience à la force élastique de la vapeur à saturation pour une température donnée. En d'autres termes $e = \frac{x}{f}$; e étant l'état hygrométrique; x, la force élastique de la vapeur d'eau qui existe dans l'air au moment de l'expérience; f, la force élastique de la vapeur à saturation pour la même température.

La force élastique f de la vapeur à saturation pour une température donnée est connue. La quantité qu'il s'agit de déterminer, et qui est l'inconnue du problème, est la force élastique de la vapeur au moment de l'expérience. On l'obtient à l'aide de la formule suivante, donnée par Regnault :

$$x = f' - A(t - t')H.$$

Formule dans laquelle

x représente la force élastique de la vapeur qui existe dans l'air au moment de l'expérience;

f' la force élastique de la vapeur d'eau à saturation pour la température t';

A un coefficient indéterminé;

t la température de l'air donnée par le thermomètre sec;

t' la température indiquée par le thermomètre mouillé;

H la hauteur en millimètres du baromètre au moment de l'observation.

Regnault a prouvé que le coefficient A qu'il avait évalué par le nombre 0,0006546, d'après la formule donnée auparavant par August pour le psychromètre, peut avoir des valeurs différentes suivant les conditions dans lesquelles on fait l'obser-

ment. Les personnes qui ont étudié la perte de poids éprouvée par les œufs pendant l'évolution embryonnaire ont d'ailleurs constaté, comme on aurait pu le prévoir théoriquement, que l'évaporation des œufs est d'autant plus considérable que l'air est plus sec. Dans mes couveuses les œufs devaient exhaler en moyenne 7 grammes de vapeur d'eau par jour. On comprend que, dans ces conditions, l'air n'ait pu se dessécher complètement[1].

J'ai pu, au contraire, me rapprocher beaucoup de la saturation et obtenir des fractions de saturation de 0,90 et 0,95. Je suis même arrivé à la saturation complète, en plaçant dans les couveuses de petites cuvettes pleines d'eau distillée constamment renouvelée, et en fermant tous les orifices.

Or ces expériences m'ont conduit à un résultat complètement inattendu. L'évolution embryonnaire s'est parfaitement opérée dans tous les états hygrométriques, de 0,20 à 0,80 environ. Ce n'est que lorsque je me suis rapproché de la saturation que j'ai rencontré des faits exceptionnels.

L'embryon s'est, dans certains cas, complètement développé, et il a atteint le terme de l'éclosion, sans présenter d'anomalies. Mais les œufs présentaient une particularité curieuse : l'albumine, absorbant l'hu-

vation ; il a déterminé ces valeurs pour un certain nombre de cas. Aucune des valeurs qu'il a obtenues ne s'applique exactement aux conditions dans lesquelles je me suis placé. Évidemment j'aurais dû chercher à déterminer les valeurs des coefficients qui convenaient aux conditions où je faisais mes observations, mais il aurait fallu, pour atteindre ce but, des expériences assez longues, et exigeant l'installation d'appareils compliqués. Comme mes expériences m'ont conduit à des résultats négatifs, en ce qu'elles m'ont appris que l'état hygrométrique de l'air n'agit pas directement sur l'évolution, j'ai pensé qu'il était inutile d'avoir une valeur absolument exacte pour ces coefficients, et j'ai introduit dans mes calculs deux des coefficients de Regnault : 0,00100 qui s'applique à une salle fermée, et 0,00077 qui s'applique à la même salle lorsque deux fenêtres opposées sont ouvertes. Je me suis servi du premier lorsque les orifices de la couveuse étaient fermés, du second lorsqu'ils étaient ouverts. Je suis convaincu que les résultats que j'ai obtenus ne s'écartent pas sensiblement de ceux que j'aurais obtenus en déterminant moi-même la valeur de ces coefficients, bien que je reconnaisse que la valeur 0,20, que j'ai donnée pour la sécheresse extrême dans mes expériences, n'est qu'une valeur simplement approximative.

Voir REGNAULT, *Études sur l'hygrométrie*, dans les *Comptes rendus*, 1852, t. XXXV, p. 332.

[1] Je plaçais 12 œufs dans la couveuse. En prenant 65 grammes pour le poids moyen de l'œuf et en évaluant la perte de poids à 1/5, l'œuf perdait 13 grammes. La perte de 12 œufs était par conséquent de 156 grammes. En divisant ce nombre par 21, nombre des jours de l'incubation, on obtient 7 grammes pour la vapeur d'eau émise par les œufs pendant un jour.

midité de l'air, s'était liquéfiée, au lieu de se dessécher comme elle le fait dans les conditions ordinaires, et suintait au travers de la coquille. Cette liquéfaction de l'albumine faisait alors obstacle à l'éclosion. Plusieurs poulets avaient commencé à bêcher leur coquille; mais leurs mâchoires, déjà partiellement sorties, étaient collées ensemble par des exsudats d'albumine, accident qui avait produit la mort en empêchant la respiration. D'autres, également vivants, étaient collés aux parois de la coquille par des parties plus ou moins grandes de leur corps. Ils ne pouvaient éclore qu'artificiellement; il fallait briser leurs coquilles et les laver dans l'eau tiède afin de détruire les adhérences qui les empêchaient de faire les mouvements nécessaires pour l'éclosion naturelle[1].

L'état hygrométrique de l'air n'exerce donc aucune action directe sur l'évolution. Tout au plus peut-il empêcher l'éclosion dans certains cas de saturation extrême. Mais il peut exercer une action indirecte, en favorisant le développement des moisissures à l'intérieur des œufs.

L'existence de moisissures dans l'intérieur des œufs est connue depuis longtemps. Les œufs qu'on apporte sur les marchés pour l'alimentation sont soumis à un examen ayant pour but de supprimer tous ceux qui sont avariés. Or l'altération la plus fréquente consiste dans l'existence des moisissures ou ce que l'on appelle la *tache*, parce que l'on constate, au mirage, une tache noire, tantôt immobile lorsqu'elle est fixée à la paroi interne de la coquille, et tantôt mobile lorsqu'elle s'est produite sur le jaune. Ces taches sont formées par des amas de mycéliums non fructifiés, et qu'il est, par conséquent, très difficile de déterminer.

Réaumur a observé des moisissures dans des œufs couvés, dont la coquille était parfaitement intacte[2].

Depuis Réaumur, beaucoup d'observateurs ont constaté des faits analogues. J'en ai observé moi-même un certain nombre; mais, pendant longtemps, je les ai considérés comme entièrement accidentels, et je ne m'en suis pas autrement occupé.

En 1881, j'ai été conduit, par l'observation d'un fait particulier, à étudier le développement des moisissures dans les œufs. J'avais eu la pensée de faire des recherches sur la respiration de l'embryon et de constater l'altération de l'air que produisent les œufs en incubation. Sans doute de nombreux travaux ont été faits sur cette question. Mais ces travaux me paraissaient incomplets, parce que les physiologistes qui les ont

[1] Réaumur a signalé ce fait. — *Art de faire éclore*, etc., t. I, p. 332.
[2] Réaumur, *Art de faire éclore*, etc., t. I, p. 231.



effectués avaient étudié simultanément un certain nombre d'œufs. Parmi ces œufs, les uns pouvaient être inféconds, et les autres contenir des embryons morts à une certaine époque. Pour éviter ces causes d'erreur, je voulus étudier la respiration d'un œuf isolé. Je plaçai un œuf dans un flacon hermétiquement fermé et ayant à peu près une capacité de 0lit35. Ce flacon fut mis dans une couveuse. Je m'aperçus, au bout de six jours, que l'air du flacon était saturé d'humidité, car la vapeur s'était condensée sur les parois, et que la coquille était couverte de taches vertes résultant de la fructification de moisissures. En ouvrant l'œuf, je trouvai la chambre à air complètement envahie par des fructifications vertes qui avaient émis un nombre incalculable de spores. La paroi de la chambre à air était tapissée par une couche épaisse de mycéliums feutrés. On observait sur la paroi interne de la membrane coquillière de petits grumeaux transparents et incolores entièrement constitués par des filaments de mycéliums. L'albumine elle-même était, en différents points, emprisonnée et comme figée dans des réseaux formés par des lacis de ces filaments. Il n'y avait point d'embryon[1].

Je crus d'abord qu'il s'agissait d'un fait absolument exceptionnel, et je recommençai l'expérience. Mais je fus très surpris de voir que j'obtenais presque toujours le même résultat lorsque je faisais couver des œufs dans les mêmes conditions que l'œuf unique qui m'avait précédemment servi. Mêmes mycéliums dans l'albumine; mêmes fructifications vertes à la surface de la coquille et dans la chambre à air. En outre, j'ai vu plusieurs fois les fructifications se produire dans des chambres à air adventives, qui s'étaient formées en divers points de la coquille par le décollement des deux lames de la membrane coquillière. Toutefois ces nouvelles expériences m'apprirent que les œufs envahis par les moisissures, et ouverts le 6e et le 7e jour, présentaient fréquemment des embryons, tantôt vivants, tantôt morts, et parfois monstrueux.

J'ai soumis la moisissure ainsi produite à l'examen de l'un des savants les plus compétents en pareille matière, M. Van Tieghem. C'est un *Aspergillus*, appartenant peut-être à une espèce nouvelle.

Le développement de cette moisissure dépendait, au moins en partie, des conditions auxquelles j'avais soumis les œufs. J'ai dû chercher à déterminer ces conditions aussi exactement que possible.

[1] DARESTE, *Recherches sur le développement des végétations cryptogamiques à l'extérieur et à l'intérieur des œufs*, dans les *Comptes rendus*, t. XXXIV, p. 46. 1882.



Quelle était l'origine de ces végétations?

Il n'est évidemment plus possible aujourd'hui de faire intervenir la génération spontanée. Les moisissures, apparues dans ces expériences, provenaient de la germination de spores. Mais d'où provenaient ces spores elles-mêmes? Elles pouvaient être déposées sur la coquille de l'œuf, ou flottantes dans l'air des flacons, ou adhérentes à leurs parois. Germant sous l'influence d'un air très humide, elles auraient émis des mycéliums qui auraient pénétré dans les œufs, en s'insinuant au travers de la coquille. Mais elles pouvaient également provenir de l'œuf lui-même, comme l'a indiqué M. Gayon, dans un remarquable travail sur les altérations spontanées des œufs [1].

On sait que Pasteur a prouvé que la putréfaction résulte de l'action de certains microbes : les vibrions et les bactéries [2]. Prenant son point de départ dans les travaux de son illustre maître, M. Gayon a constaté l'existence des vibrions et des bactéries dans les œufs pourris. Recherchant l'origine de ces petits organismes dans l'intérieur des œufs, il admet qu'ils préexistent à l'œuf, et qu'ils sont incarcérés dans l'albumine avant la formation de la coquille. M. Gayon pense que cette explication est également applicable aux moisissures qui se développent dans les œufs, bien qu'il admette que, dans certains cas, les moisissures peuvent pénétrer de l'extérieur à l'intérieur en s'insinuant au travers de la coquille.

Il s'agissait de décider entre ces deux hypothèses.

J'ai fait, dans ce but, une longue série d'expériences, où je me suis proposé de détruire préalablement toutes les spores qui, en germant, auraient pu émettre des mycéliums, et déterminer ainsi, de l'extérieur à l'intérieur, l'infection des œufs. J'ai frotté la surface des œufs avec une brosse imprégnée d'une solution d'acide salicylique. Puis j'ai chauffé les flacons en les plaçant dans une étuve portée à 120°, 150° et même 200°. Lorsque l'étuve a été suffisamment refroidie, j'ai introduit, aussi rapidement que possible, les œufs dans les flacons; puis je les ai fermés avec des bouchons en caoutchouc préalablement lavés à l'acide salicylique. Ces deux opérations, l'introduction des œufs dans les flacons et la fermeture de ceux-ci, ont été faites dans de l'air où je pulvérisais de l'acide phénique. Or, malgré toutes ces précautions pour

[1] Gayon, *Recherches sur les altérations spontanées des œufs*, 1875. Thèse présentée à la Faculté des Sciences de Paris.

[2] Pasteur, *Recherches sur la putréfaction*, dans les *Comptes rendus*, t. LVI, p. 1189. 1863.

tuer les spores, et pour empêcher leur germination et la pénétration des mycéliums dans les œufs, j'ai constaté, aussi fréquemment que par le passé, le développement des moisissures.

Assurément on pourrait m'objecter que, malgré toutes ces manœuvres, je ne puis pas avoir la certitude d'avoir, en tuant toutes les spores, préservé complètement les œufs d'une infection provenant de l'extérieur. Il est bien évident que lorsqu'il s'agit de flacons d'une capacité de près d'un demi-litre, et dont l'ouverture doit être assez grande pour laisser pénétrer des corps aussi volumineux que les œufs de poule, on ne peut pas procéder comme avec les tubes de très petit calibre, stérilisés par la chaleur et effilés à l'une de leurs extrémités, qui servent, depuis les travaux de Pasteur, à absorber les liquides suspects dans tous les laboratoires où l'on s'occupe de microbiologie. Mais il me semble, tout d'abord, que si, dans mes expériences, je n'ai pas tué toutes les spores et tous les microbes, j'en ai cependant considérablement diminué le nombre. L'abondance des végétations de moisissures dans les œufs traités par ces procédés, abondance aussi grande que celle que j'observais sans leur emploi, serait déjà une forte présomption en faveur de l'opinion que je soutiens. Mais cette opinion me paraît tout à fait démontrée par ce fait, qu'il y a un certain nombre d'œufs qui ne présentent pas le développement des moisissures. Si les moisissures provenaient de l'extérieur, comment certains œufs échapperaient-ils à leur action, tandis que les autres en seraient infectés, lorsque les manœuvres préparatoires ont été les mêmes pour tous?

Tout s'explique, au contraire, de la manière la plus simple, si l'on admet, avec M. Gayon, que dès l'époque de sa formation dans l'oviducte, l'œuf est déjà infecté par les corps étrangers que l'albumine entraîne pendant sa sécrétion. L'existence de corps étrangers dans les œufs a été signalée depuis longtemps par divers observateurs. On y a trouvé des helminthes[1]. M. Reiset y a rencontré des pattes de hanneton. Moi-même j'ai trouvé, dans un œuf, des pellicules de son parfaitement reconnaissables à leur structure et au nombre considérable de grains d'amidon qu'elles contenaient, pellicules qui avaient plus d'un millimètre de diamètre. Évidemment l'existence de ces corps,

[1] L'helminthe que l'on trouve parfois dans les œufs est un distome qui vit dans la bourse de Fabricius. On comprend comment ce distome peut de temps en temps pénétrer dans l'oviducte par le cloaque. Voir Davaine, *Mémoires sur les anomalies de l'œuf*, dans l'*Œuvre de Davaine*, 1889, p. 1720.



dans l'intérieur des œufs, ne peut s'expliquer que par leur incarcération avant la formation de la coquille.

M. Gayon a d'ailleurs constaté directement la présence, dans l'oviducte, de vibrions et de bactéries et parfois aussi de spores.

J'ai moi-même, à diverses reprises, constaté l'existence de spores dans l'albumine de l'œuf. Cette recherche est, sinon très difficile, du moins très laborieuse, car l'albumine est un corps à demi solide. Les spores, quand elles y existent, n'y sont point disséminées régulièrement et leur répartition est très inégale. Il est clair que, lorsqu'on ne les cherche que dans certaines places, on peut n'en trouver aucune, tandis qu'elles pourront se trouver, en amas, dans des régions très voisines.

Comment les spores et, d'une manière générale, comment les microbes peuvent-ils arriver dans l'oviducte? Tous ces micro-organismes proviennent du cloaque. Pendant l'accouplement et pendant la ponte, la membrane muqueuse de l'oviducte s'invagine dans le cloaque; elle balaye alors la membrane muqueuse de cet organe et entraîne avec elle, quand elle reprend sa position primitive, une partie des micro-organismes qui peuvent se trouver dans cette cavité. Le tube digestif, comme nous le savons par les travaux de Leuwenhoeck, contient en abondance ces corps microscopiques.

Si maintenant nous nous demandons comment les microbes pénètrent dans le tube digestif, nous pouvions croire tout d'abord qu'ils y arrivent par le cloaque. Lorsque les poulaillers ne sont pas fréquemment nettoyés et désinfectés, le fumier, sur lequel reposent les poules, peut contenir, en plus ou moins grande quantité, des spores et des microbes. Mais ce qui me paraît être la cause principale de l'arrivée de ces micro-organismes dans le tube digestif, c'est l'alimentation. Les grains que l'on donne aux poules sont recouverts d'une couche de poussière qui adhère plus ou moins à leurs téguments, et qui contient toujours de petits organismes. M. Gayon s'en est assuré par l'observation directe. J'ai eu moi-même occasion de le faire. Or ces observations sont très intéressantes, car elles donnent peut-être un moyen efficace pour diminuer considérablement l'infection des œufs. Si les grains qui servent à la nutrition des poules sont le principal véhicule des microbes et des spores, ne pourrait-on pas les nettoyer par des lavages et prévenir ainsi une cause d'altération des œufs qui, même en dehors de ceux que l'on conserve pour l'incubation, peut diminuer considérablement leur valeur au point de vue de l'alimentation?

Ce fait de l'infection préalable des œufs par l'incarcération de spores d'*Aspergillus* dans l'albumine est assurément l'un des résultats les plus curieux de mes expériences. Il devient plus curieux encore par sa très grande généralité. J'ai voulu savoir si l'existence des spores de cette moisissure dans l'albumine pourrait se rattacher à certaines conditions de lieux ou de saisons. J'ai fait venir des œufs de diverses localités, j'en ai reçu qui m'ont été envoyés de diverses parties de la France, par plusieurs personnes, et particulièrement par des membres de la Société d'acclimatation qui avaient entendu mes communications à ce sujet. L'étude de ces œufs, mis en incubation dans les conditions que je viens de décrire, m'a prouvé que les deux tiers au moins étaient infectés. Un petit nombre seulement ne m'a pas présenté de végétations d'*Aspergillus*. Je n'ai pu rattacher leur immunité à aucune cause appréciable[1].

Le développement de l'*Aspergillus* dans des œufs placés dans les conditions que je viens de rappeler, où la saturation de l'air des flacons résultait de la vapeur émise dans des espaces de très petite capacité, s'est reproduit, de la même façon, toutes les fois que j'ai fait des incubations dans des couveuses artificielles dont l'air était complètement saturé.

J'ai vu également que l'embryon pouvait se développer, pendant un temps plus ou moins long, dans les œufs ainsi infectés, et que parfois il présentait des anomalies.

Lorsque l'air est très humide, sans être cependant saturé, les spores peuvent germer dans l'albumine et y produire des mycéliums, mais qui n'atteignent pas la phase de fructification. Comme ces mycéliums sont tout à fait incolores et transparents, ils ne sont pas immédiatement visibles, et échappent le plus ordinairement à l'observateur, lorsqu'il ne les recherche pas directement. Mais il est très facile de constater

[1] Il est possible toutefois que, dans certains cas, les mycéliums pénètrent de l'extérieur de l'œuf dans son intérieur. Il est bien évident que, puisque la coquille est poreuse, et qu'elle peut être traversée de dedans en dehors par ces filaments, elle peut l'être également de dehors en dedans. Cela a été bien établi à l'aide d'expériences directes par Panceri, puis par M. Gayon. Panceri, *De la coloration de l'albumine d'un œuf de poule et des cryptogames qui croissent dans les œufs. Atti della Società italiana di Scienze naturali*, t. II, 1860. — Gayon, *loc. cit.*, p. 72. Il me paraît probable que c'est ainsi que les œufs que l'on vend aux marchés s'infectent de moisissures, si on les conserve dans de l'air humide et à une température relativement élevée. Pour éviter cette infection des œufs par des mycéliums venant du dehors, il faut évidemment les maintenir, autant que possible, dans des locaux secs et frais.



leur existence. Si l'on prend un fragment de la coquille et si on la débarrasse complètement de l'albumine, en la laissant écouler ou en l'enlevant avec de l'eau, on aperçoit de petits grumeaux transparents adhérents à la surface interne de la membrane coquillière. Ces grumeaux, observés au microscope, nous apparaissent comme des touffes de mycéliums. Ils se développent de plus en plus et finissent par former des réseaux dont les mailles emprisonnent une quantité plus ou moins considérable d'albumine.

La formation des mycéliums dans l'albumine, quand elle se produit en abondance, suffit pour empêcher le développement de l'embryon, ou pour l'entraver plus ou moins, s'il a commencé. Elle peut se produire avant la mise en incubation, si l'air est très humide et la température relativement élevée; et, dans ce cas, les mycéliums peuvent empêcher complètement la formation du blastoderme. Ils peuvent également empêcher le blastoderme de produire un embryon. Si la germination des spores est postérieure à la mise en incubation, l'embryon peut commencer à se développer, et vivre pendant un temps plus ou moins long, jusqu'au moment où il périra étouffé par les mycéliums; il sera anormal ou monstrueux si l'action perturbatrice de ces petits végétaux se produit de bonne heure. Il est bien évident, d'ailleurs, que ces faits échappent à toute règle, puisqu'ils dépendent du nombre de spores incarcérées dans l'albumine, dès l'époque de leur germination, et des rapports de position que les mycéliums auront avec l'embryon lui-même. Il y a là un remarquable exemple de ce que Darwin appelle la *lutte pour la vie.* Les mycéliums absorbent à leur profit l'oxygène de l'air qui devait servir à la respiration de l'embryon, et le font périr par asphyxie, si le bain d'air dans lequel les œufs sont plongés est assez humide pour déterminer la germination des spores. Au contraire, lorsque l'air est plus ou moins sec, le développement de l'embryon empêche la germination des spores et la formation des mycéliums.

J'ai la conviction que, dans l'incubation artificielle au moins, un certain nombre d'embryons périssent ainsi plus ou moins rapidement, par suite de la formation de mycéliums dans l'albumine. Cette cause de mort échappe généralement aux observateurs, pour les motifs que je viens de rappeler.

Ces expériences ont un grand intérêt pour la pratique de l'incubation artificielle. On a signalé, depuis longtemps, la nécessité de la ventilation dans les couveuses. Le renouvellement continu de l'air a pour

effet d'enlever constamment l'air humide qui enveloppe les œufs et qui favorise la germination des spores, pour le remplacer par de l'air plus sec [1].

Ainsi donc il résulte de mes expériences que l'air sec n'exerce aucune influence nuisible sur l'évolution de l'embryon, tandis que l'air plus ou moins humide empêche le développement, ou l'arrête lorsqu'il a commencé, par le fait du développement de l'*Aspergillus*.

L'*Aspergillus* n'est pas d'ailleurs la seule moisissure qui se développe dans les œufs. J'y ai rencontré d'autres espèces, mais très accidentellement. Celle qui s'est le plus souvent présentée dans mes expériences est le *Gymnoascus ruber*, dont on doit la connaissance à M. Van Tieghem, et dont j'ai pu suivre toutes les phases de végétation. M. Van Tieghem, qui a bien voulu examiner, il y a quelques années, les préparations que j'ai faites de ces moisissures, y a constaté la présence de plantes appartenant aux genres *Botrytis*, *Penicillium*, *Drematium*, *Spicaria*, *Mucor*. Je dois mentionner également le fait signalé par Panceri d'une végétation microscopique d'un rouge foncé qui donne parfois à l'albumine la couleur du sang. Je ne l'ai pas encore rencontrée [2].

Je n'ai constaté, jusqu'à présent, l'existence de ces dernières moisissures dans l'albumine que d'une manière sporadique, et je ne puis, par conséquent, rattacher leur développement à aucune cause physique

[1] En m'exprimant ainsi, je ne prétends pas que l'enlèvement continuel de l'air humide soit le seul avantage de la ventilation. Il est possible que l'air confiné exerce encore une action nuisible sur l'embryon, par le fait de substances volatiles, autres que la vapeur d'eau, et exhalées par les œufs. Tel serait, par exemple, l'acide carbonique. Les expériences que j'ai faites à ce sujet ne m'ont donné, jusqu'à présent, que des résultats négatifs; mais je les considère comme insuffisantes pour résoudre la question. La respiration des embryons n'exhalerait-elle pas, dans l'air confiné, cette matière volatile et toxique, encore inconnue dans sa nature, que Brown-Sequard constate dans l'air expiré par les animaux adultes? Il y a là toute une série de recherches à faire, et que je n'ai pu entreprendre.

[2] PANCERI, *loc. cit.*

Dans une note présentée à l'Académie en 1884 (*Comptes rendus*, t. XCVIII, p. 924), j'avais signalé la présence assez fréquente, dans l'albumine, de corps microscopiques très semblables par leur forme à la levure de bière. Depuis cette époque, je me suis assuré que ces corps sont d'une tout autre nature que je l'avais supposé, et qu'ils proviennent d'éléments du jaune plus ou moins modifiés. La présence de ces corps dans l'albumine s'explique par un arrêt de développement de la vésicule blastodermique qui l'empêche de se fermer. Dans ces conditions, les éléments du jaune se mêlent plus ou moins à l'albumine. Voir le § 3 du présent chapitre.



appréciable. Il en est de même pour les organismes de la putréfaction. Le nombre des œufs pourris est relativement rare [1]. Mais il est très probable que, dans les conditions ordinaires, les germes de microbes, et les spores de moisissures contenues dans les œufs ne se développent point. On peut donc se demander si l'incubation artificielle ne présenterait pas, dans quelques circonstances, des conditions physiques favorables au développement de certains de ces corps, comme nous voyons la température de l'incubation normale et l'air saturé d'humidité favoriser la végétation de l'*Aspergillus* qui devient alors véritablement épidémique. Je ne puis, pour le moment, que soumettre la question aux personnes qui s'occupent d'incubation artificielle.

§ 3.

La poule qui couve retourne ses œufs tous les jours, souvent même deux fois par jour.

« J'ai écrit, dit Réaumur, un numéro différent sur chacun des treize œufs que couvait une poule : l'œuf étiqueté était au centre, et entouré des œufs numérotés depuis le chiffre 2 jusqu'au chiffre 6 inclusivement ; ceux qui étaient désignés par un des sept chiffres qui restaient pour remplir le nombre de 13 étaient posés à la circonférence. Lorsque j'allai, le lendemain, voir les œufs, je trouvai l'ordre du jour précédent tout changé ; celui du centre avait passé à la circonférence, et le centre était occupé par un de ceux qui avaient été à la circonférence ; il n'y en avait qu'un ou deux qui eussent gardé leur première place, qu'ils ne gardaient pas jusqu'au jour suivant : ce dernier jour et ceux du reste du temps que dura la couvée me firent voir que journellement la poule faisait passer les œufs dont la place était la moins bonne à une meilleure.....

« Je fis entrer dans un autre nid vingt-deux œufs qui étaient disposés les uns sur les autres en trois couches... Je les avais numérotés, et j'avais mis les œufs marqués par les premiers chiffres 1, 2, 3, 4 au fond du nid ; les œufs numérotés par les chiffres suivants étaient en

[1] Je lis dans le mémoire, déja cité, de M. Gayon que, sur un nombre total de 231,193,525 œufs apportés aux Halles centrales en 1872, on n'a trouvé que 564,070 œufs pourris, ce qui donne à peu près 2 pour 1,000. Dans mes expériences sur la tératogénie, j'ai rencontré parfois des œufs pourris, mais d'une manière exceptionnelle, et sans que j'aie pu rattacher le fait à une condition quelconque de l'incubation. Les embryons que j'ai rencontrés quelquefois dans ces œufs avaient tous péri dans les premiers jours.

dessus ; au bout de deux jours, il ne resta plus aucune trace de l'ordre dans lequel je les avais arrangés, les numéros des plus petits nombres furent portés au haut du nid, et les autres furent descendus au fond [1]. »

On recommande aux personnes qui s'occupent d'incubation artificielle d'imiter la poule couveuse en retournant les œufs tous les jours. On a même, dans ces derniers temps, imaginé des appareils pour opérer mécaniquement le retournement.

Je me suis demandé si cette pratique est fondée : si l'immobilité des œufs pendant toute la durée de l'incubation peut nuire à l'évolution embryonnaire, tandis que le retournement lui serait favorable.

J'ai cru d'abord que l'immobilité n'exerçait aucune influence nuisible sur l'embryon. Quelques expériences m'avaient montré les embryons évoluant d'une manière normale dans des œufs restés immobiles pendant plusieurs jours ; mais une étude plus complète de la question m'a prouvé que l'immobilité pouvait parfois nuire au développement de l'embryon.

J'ai vu, en effet, que, dans certains cas, l'embryon se comprime contre la paroi interne de la coquille et même s'y colle, et que ce collage, lorsqu'il se produit, amène la mort. J'ai rencontré ces faits de temps en temps, depuis que je m'occupe de tératogénie ; mais, pendant longtemps, je ne me suis pas rendu compte du mécanisme de leur production. Or j'ai fini par reconnaître qu'ils résultent de l'immobilité des œufs pendant les premiers temps de l'incubation.

Rappelons d'abord les faits.

La cicatricule et l'embryon qui se produit à son centre occupent toujours le point culminant de l'œuf. Au début, la cicatricule est séparée de la paroi interne de la membrane coquillière par une couche très mince d'albumine. Mais, pendant le développement cette couche disparaît peu à peu, en laissant au-dessus de l'embryon un espace vide de forme cylindrique qui va toujours en s'agrandissant. Il en résulte que l'embryon se trouve, au début de son évolution, appliqué contre la paroi interne de la coquille dont il n'est séparé que par l'interposition de la membrane vitelline.

Un peu plus tard, du troisième au quatrième jour, la membrane vitelline se déchire au-dessus de l'embryon. La vésicule blastodermique qui enveloppe le jaune sort peu à peu par cette déchirure de la membrane vitelline dont les bords se rétractent de telle façon qu'on ne la

[1] Réaumur, *Art de faire éclore*, etc., t. I, p. 176.

retrouve plus, au bout d'un certain temps, qu'à l'extrémité du jaune opposée à celle où s'est formé l'embryon.

Il y a donc un moment où l'embryon se trouve appliqué contre la paroi interne de la coquille; mais il ne tarde pas à en être séparé par la formation de l'amnios et de l'enveloppe séreuse.

Lorsque l'embryon n'est séparé de la paroi interne de la coquille que par la membrane vitelline, il lui arrive parfois de se comprimer contre elle. Si la membrane vitelline a commencé à se déchirer, l'embryon se trouve en contact immédiat avec la paroi interne de la coquille. Il lui arrive alors parfois de se comprimer et même de se coller à la membrane coquillière. La compression de certaines parties de l'embryon détermine des anomalies, et particulièrement ces anomalies de la tête qui constituent les exencéphalies. Dans le collage, il y a également compression, mais, de plus, extravasation du sang, et production de caillots qui attachent l'embryon à la coquille. Je me suis assuré qu'il en est ainsi par des lavages à l'eau pure ou légèrement alcoolisée. On désagrège ainsi les petits caillots et l'on détache facilement l'embryon. Panum, qui a constaté, depuis longtemps, ces faits de compression et d'adhérences, explique les derniers par l'intervention d'une phlegmasie adhésive; explication absolument inadmissible, car la membrane coquillière est anhiste et complètement dépourvue de vitalité[1]. L'embryon collé contre la coquille ne tarde pas à mourir.

Ces faits s'expliquent par l'immobilité des œufs, et peuvent être évités par leur retournement fréquent, ainsi que le signalent MM. Fol et Warynski; mais ces deux physiologistes interprètent le retournement des œufs d'une manière que je considère comme inexacte. Ils supposent que, lorsque l'on retourne l'œuf, une couche d'albumine liquide vient s'interposer entre l'embryon et la coquille et empêcher leur contact[2].

Ce n'est pas ainsi que les choses se passent. L'albumine n'est pas un liquide. C'est un corps à demi solide, constitué par la superposition de couches de densités différentes, et adhérant au jaune d'une manière invariable. Il est très difficile, peut-être même impossible, de détacher

[1] Panum, *Untersuchungen*, etc., p. 40 et suiv. Je ne trouve dans ce livre qu'un seul cas de collage de l'embryon à la membrane coquillière. (Pl. VI, fig. 1, 2, 3.

[2] Fol et Warynski, *Recherches expérimentales sur la cause de quelques monstruosités simples et de divers processus embryogéniques*, dans le *Recueil zoologique suisse*, 1883, t. 1, p. 17.



complètement les couches les plus internes, celles qui sont en contact avec la membrane vitelline. Dans quelque position que l'on place un œuf, le jaune, qui vient toujours se placer à la partie culminante, entraîne avec lui la masse totale de l'albumine. L'embryon développé au point culminant du jaune, est donc toujours en contact médiat ou immédiat avec la coquille.

L'utilité du retournement de l'œuf est donc tout autre. Elle consiste à empêcher le contact prolongé de l'embryon avec certaines parties de la coquille, contact prolongé qui est la seule condition du collage et de la formation des adhérences [1].

En dehors de la compression de l'embryon contre la membrane coquillière, et de son collage à cette membrane, je n'ai jamais vu l'immobilité produire d'anomalies de l'embryon. Mais l'immobilité a un autre effet, bien autrement nuisible sur les œufs : c'est qu'elle empêche, je ne dis pas toujours, mais le plus ordinairement, l'éclosion des poulets en produisant des anomalies du blastoderme et de l'allantoïde.

Pendant longtemps je n'ai pas conduit mes incubations jusqu'à leur terme extrême, celui de l'éclosion. Les monstres ornithologiques périssent généralement de bonne heure; leur étude doit donc être faite pendant les premiers jours de l'incubation. Il y a quelques années seulement, j'ai prolongé l'incubation pendant sa durée normale. Je voulais étudier l'évolution de l'embryon dans l'air confiné; et je laissais les œufs, pendant vingt et un jours dans des couveuses hermétiquement fermées. Dans ces conditions, j'ai vu très souvent l'embryon arriver vivant jusqu'au 19e ou 20e jour; mais il était très rare qu'il pût éclore [2].

[1] Au début de mes études tératogéniques, j'avais considéré ce collage du jaune à la paroi interne de la coquille, comme résultant de la dessiccation de l'air dans les couveuses artificielles. Pour éviter ces accidents, je plaçais dans l'intérieur de mes appareils de petites cuvettes pleines d'eau. Mais, comme je l'ai dit, dans le paragraphe précédent, il n'est pas possible de dessécher l'air complètement dans les couveuses, par suite de l'évaporation de l'eau à la surface des œufs. D'autre part, j'ai vu ce collage, assez rare d'ailleurs, se produire dans les conditions les plus diverses. Il s'explique parfaitement par l'immobilité des œufs.

[2] J'ai déjà mentionné le fait en 1884. *Mémoire sur quelques points de tératogénie en réponse à un travail récent de MM. Fol et Warynski* (dans les *Archives de zool. expériment.*, 2e série, t. II, p. 134). Mais la phrase mal rédigée pouvait se prêter à une interprétation fausse. « J'ai vu très fréquemment le poulet arriver jusqu'à l'éclosion, et même éclore, bien que les œufs fussent restés trois semaines dans une immobilité complète. » Dans cette phrase, les mots *et même éclore* paraissent se rattacher à *j'ai vu très fréquemment*. Or ma pensée était que, dans ces conditions, l'éclosion était exceptionnelle. C'est ce qui résulte d'ailleurs du sens général de la phrase.

Quelle était la condition qui empêchait ainsi l'éclosion? En y réfléchissant j'ai reconnu que ces œufs, enfermés dans les couveuses depuis le début de l'incubation, étaient restés complètement immobiles. L'immobilité des œufs était-elle la cause de cette non-éclosion?

Pour m'en assurer, j'ai fait l'expérience suivante.

J'ai placé dans deux couveuses et soumis à des conditions parfaitement identiques seize œufs, ayant la même provenance et partagés en deux lots. Les œufs de la première couveuse furent maintenus dans l'immobilité; les autres furent retournés deux fois par jour.

Les huit œufs de la première couveuse ne m'ont donné aucune éclosion. Tous les embryons étaient morts dans le courant de la seconde et de la troisième semaine.

Sur les huit œufs de la seconde, six m'ont donné des poulets qui sont éclos spontanément sans aucune difficulté. Un septième, que j'ai ouvert le 22e jour, contenait un poulet vivant et bien conformé, qui serait probablement éclos de lui-même. Le huitième était mort, le jaune n'ayant pas pénétré dans la cavité abdominale. C'était le seul qui n'avait pas éprouvé l'influence utile de retournement [1].

Quelle est la condition qui, dans les œufs immobiles, s'oppose presque toujours à l'éclosion du poulet? De nombreuses observations m'ont appris d'abord que le jaune n'a pas pénétré dans la cavité abdominale; ensuite que l'allantoïde, arrêtée dans son développement, reste adhérente à la membrane blastodermique qui revêt le jaune.

La respiration pulmonaire s'établit, un jour ou deux avant l'éclosion. On entend alors le poulet chanter dans la coquille, comme on le sait depuis bien longtemps, puisque le fait est déjà mentionné dans Aristote. Or la respiration pulmonaire se substitue à la respiration allantoïdienne. Lorsque l'allantoïde cesse de fonctionner, elle se dessèche, et se sépare de l'embryon et du jaune pour se coller aux parois de la coquille. C'est alors que le jaune pénètre peu à peu dans la cavité abdominale, où il est entièrement contenu à l'époque de l'éclosion.

Ce qui empêche le jaune de pénétrer dans la cavité abdominale, c'est la permanence des adhérences qui unissent d'abord l'allantoïde à ses parois. Pour bien comprendre ces faits, il faut rappeler la manière dont s'opèrent la formation et la fermeture du sac blastodermique qui enveloppe peu à peu le jaune en se substituant à la membrane vitelline.

[1] Dareste, *Sur le rôle physiologique du retournement des œufs pendant l'incubation*, dans les *Comptes rendus*, 1885, t. I, p. 813.



Le blastoderme, très petit à son origine, s'étend sur le jaune qu'il enveloppe en formant un sac fermé. Il n'est d'abord constitué que par l'ectoderme et l'entoderme. Les bords de l'ectoderme se rapprochent peu à peu et finissent, au bout d'un certain temps, par clore complètement la vésicule blastodermique, dans le point opposé à celui où s'est produit l'embryon [1].

Le mésoderme vient ensuite s'interposer entre les deux autres feuillets, l'ectoderme et l'entoderme. On sait que ce feuillet se partage lui-même en deux lames, une lame extérieure, dite *musculo-cutanée*, qui double l'ectoderme; une lame intérieure, dite *fibro-intestinale*, qui revêt l'entoderme. C'est dans les parois de cette lame fibro-intestinale que se produisent les vaisseaux qui appartiennent à la circulation vitelline. L'espace vide formé par l'écartement de ces deux lames, et qui fait suite au *Cœlome* ou à la fente pleuro-péritonéale, est rempli par l'allantoïde. Il y a donc une époque où l'allantoïde fait, en réalité, partie des parois du jaune.

L'arrêt de développement de la vésicule blastodermique peut se manifester de diverses manières. Il peut empêcher le rapprochement des bords de l'ectoderme, et, par suite, maintenir béante l'ouverture que présente en arrière la paroi du jaune, si cette ouverture ne reste pas fermée par l'apposition de la membrane vitelline. Cet arrêt de développement peut également résulter d'un arrêt de développement du mésoderme, dont les bords ne se rapprochent point. Or ce fait a une

[1] Mathias Duval a été conduit par ses observations à admettre que la vésicule blastodermique ne se ferme pas par le rapprochement des bords de l'ectoderme, mais par celui des bords du mésoderme qui s'insinue entre les deux autres feuillets blastodermiques. Il admet que, tant que le rapprochement des bords du mésoderme ne s'est point opéré, la vésicule blastodermique reste ouverte, et que la cavité du jaune n'est alors fermée que par les restes de la membrane vitelline. Assurément, je n'ai en aucune façon la pensée de contredire les observations de Mathias Duval, d'autant plus que j'ai observé des faits analogues. Il m'est arrivé souvent de rencontrer dans l'albumine de l'œuf des corps particuliers, que j'ai d'abord considérés comme des parasites, et qui, comme je m'en suis assuré, étaient des éléments du jaune, plus ou moins modifiés. Évidemment, dans ces cas, la vésicule blastodermique ne s'était pas fermée et avait permis le mélange partiel du jaune avec l'albumine. Mais je considère ces faits, comme étant de l'ordre tératologique, et comme résultant d'un arrêt de développement. Bien que mes observations sur ce sujet soient encore incomplètes, j'ai tout lieu de croire que, dans l'état normal, la vésicule blastodermique se ferme complètement par le rapprochement des bords de l'ectoderme. J'espère pouvoir le démontrer quelque jour, à l'aide de nouvelles observations. Voir Mathias Duval, *Études histologiques et morphologiques sur les annexes des embryons d'oiseau;* dans le *Journal de l'anatomie et de la physiologie* de Robin et Pouchet, 1884.

très grande importance pour la vie de l'embryon; car l'arrêt de développement du mésoderme a pour conséquence un arrêt de développement de l'allantoïde qui occupe l'espace contenu entre les deux lames de ce feuillet. S'il se produit à une époque peu avancée de la vie embryonnaire, par exemple dans le courant de la seconde semaine, l'embryon périt asphyxié, par suite de l'insuffisance de la respiration. S'il se produit plus tard, et si l'allantoïde s'est développée suffisamment pour alimenter la respiration de l'embryon, le poulet pourra atteindre le terme de l'incubation; mais il n'éclora pas, parce que l'allantoïde restera appliquée contre les parois du jaune et le maintiendra en dehors du corps de l'embryon.

C'est ce qui arrive dans les œufs immobiles. Or comment le retournement des œufs peut-il détruire ces adhérences et écarter peu à peu l'allantoïde des parois du jaune? L'explication est facile. Vulpian a constaté que le feuillet interne de l'allantoïde est contractile. Si cette contractilité est mise en jeu d'une manière quelconque, elle change les contacts de ce feuillet avec le feuillet mésodermique sous-jacent qui forme l'enveloppe du jaune. Or, comme Vulpian l'indique, la contractilité de ce feuillet allantoïdien est principalement mise en jeu par *les chocs ou les déplacements brusques* subis par les œufs[1]. Le retournement quotidien des œufs aura donc pour effet de mettre en jeu la contractilité de l'allantoïde et d'empêcher son contact prolongé avec la membrane du jaune.

D'ailleurs, les contractions de l'allantoïde ne sont pas nécessairement provoquées par le retournement et elles peuvent également se produire même dans les œufs immobiles, bien que d'une manière exceptionnelle. C'est ainsi que les poulets n'éclosent pas toujours dans les œufs retournés, comme ils éclosent parfois dans les œufs immobiles.

L'immobilité des œufs pendant l'incubation peut donc agir, dans une certaine mesure, comme cause tératogénique, en produisant certains arrêts de développement du sac blastodermique et de l'allantoïde.

[1] Vulpian, *Note sur la contractilité de l'allantoïde chez l'embryon de la poule*, dans les *Comptes rendus*, 1887, t. XIV, p. 222.

CHAPITRE VI

L'INCUBATION. — CONDITIONS ACCIDENTELLES

SOMMAIRE. — 1° Position verticale des œufs. — 2° Indication de quelques autres conditions accidentelles.

§ 1.

Je n'ai employé, dans mes expériences, qu'une seule méthode tératogénique empruntée à des causes accidentelles et complètement étrangères à celles qui agissent dans les conditions normales : c'est l'incubation des œufs dans la position verticale. Je l'avais employée, dès le début de mes recherches, en suivant les indications de Geoffroy Saint-Hilaire ; mais j'y ai presque entièrement renoncé, parce que j'ai reconnu qu'elle ne me donnait rien de plus que ce que je pouvais obtenir, beaucoup plus simplement, par d'autres méthodes.

Si le jaune et la cicatricule occupaient, dans la coquille, une position absolument invariable, la position verticale de l'œuf pourrait peut-être changer les conditions de l'évolution. Mais il n'en est rien. Ainsi que je l'ai plusieurs fois répété, le jaune et l'albumine qui l'entoure changent de place dans l'intérieur de la coquille, toutes les fois que l'œuf lui-même est déplacé. Le jaune vient toujours se placer au point culminant, de telle façon que la cicatricule occupe toujours le point culminant de sa surface. L'embryon, lorsqu'il se développe dans le blastoderme, est donc, du moins au début, placé toujours horizontalement, quelle que soit d'ailleurs la position de l'œuf, horizontale, verticale ou oblique.

J'ai cependant obtenu des monstres en soumettant à l'incubation des œufs placés verticalement ; mais j'ai tout lieu de croire que, le plus ordinairement du moins, la position verticale n'était pour rien dans leur production, et qu'ils devaient leur origine à une cause tout autre, l'immobilité. Pour mettre les œufs dans la position verticale, je les fixais avec du mastic à la paroi inférieure de la couveuse, tantôt sur le

pôle aigu et tantôt sur le pôle obtus. Ils conservaient donc une position immuable pendant toute la durée de l'incubation. Or j'ai montré précédemment comment l'immobilité des œufs peut, dans certains cas, troubler l'évolution et produire des anomalies.

Les anomalies, ainsi produites, résultent de la compression de l'embryon contre la membrane vitelline ou contre la coquille. J'ai constaté qu'elles sont plus fréquentes lorsque le pôle aigu de l'œuf est en haut, plus rares au contraire lorsqu'il est en bas. Cela s'explique facilement. Dans le premier cas, l'embryon, au troisième jour, n'est séparé de la coquille que par l'interposition de la membrane vitelline; et un peu plus tard, quand cette membrane a commencé à se déchirer, il est immédiatement en contact avec la coquille elle-même. Il peut, par conséquent, se comprimer contre la membrane vitelline et contre la coquille, et même se coller à cette dernière, lorsque la membrane vitelline s'est déchirée. Dans le second cas, lorsque le pôle aigu est en bas, et lorsque, par conséquent, le pôle obtus est en haut, l'embryon n'est pas en contact, même médiat, avec la coquille dont il est séparé par la chambre à air. Il est bien en contact immédiat avec la membrane vitelline, et en contact médiat avec la lame de la membrane coquillière qui forme la paroi inférieure de la chambre à air; il peut donc, dans une certaine mesure, se comprimer contre ces membranes; mais il n'a point de contact avec la coquille elle-même, et il est ainsi à l'abri de la cause la plus active de la compression [1].

Si l'immobilité est la principale, sinon l'unique cause de la production des monstres dans l'incubation verticale, elle doit y produire aussi ses autres effets, l'arrêt de développement de la vésicule blastodermique, l'arrêt de développement de l'allantoïde, la non-pénétration du jaune dans la cavité abdominale, l'impossibilité de l'éclosion.

Il serait possible d'ailleurs de démontrer l'exactitude de cette manière de voir, en faisant l'expérience inverse, c'est-à-dire en retournant tous les jours les œufs soumis à l'incubation dans la position verticale. On saura alors si cette condition peut agir sur l'embryon, autrement que par l'immobilité.

Cependant la position verticale, si elle ne produit pas, par elle-même, des anomalies, peut cependant exercer une influence nuisible

[1] Je dois faire remarquer à cette occasion que les œufs secoués m'ont déjà présenté un fait analogue. Les secousses sont beaucoup plus nuisibles lorsque l'œuf est placé verticalement la pointe en haut que lorsqu'il est placé verticalement la pointe en bas. Voir p. 107.



sur l'embryon à une certaine époque de son existence, influence absolument étrangère à l'immobilité.

Dans les conditions ordinaires, l'embryon, lorsqu'il se développe dans le blastoderme, est dans une position horizontale, position qu'il garde pendant toute l'incubation. Mais, au début de l'incubation, il est placé de telle façon que l'axe de son corps est perpendiculaire au grand axe de l'œuf. Plus tard, sa position change. L'axe du corps de l'embryon se place parallèlement au grand axe de l'œuf, et de telle façon que la tête, placée dans le voisinage de la chambre à air, se rapproche du pôle obtus, tandis que l'extrémité pelvienne se dirige vers le pôle aigu.

Dans l'incubation verticale, les choses se passent autrement. Au début, l'embryon est placé horizontalement, et son axe est toujours perpendiculaire au grand axe de l'œuf. Mais, lorsque l'embryon se déplace pour que son axe devienne parallèle au grand axe de l'œuf, il quitte nécessairement la position horizontale pour prendre la position verticale, et alors la tête de l'embryon sera tantôt à l'extrémité supérieure du grand axe de l'œuf, et tantôt à l'extrémité inférieure, suivant que le pôle obtus, où se forme la chambre à air, sera en haut ou en bas[1]. L'évolution de l'embryon, après son changement de place, se ferait-elle de la même façon dans la position verticale que dans la position horizontale?

Un physiologiste de Vienne, Liharzick, s'est posé la question et il a fait des expériences pour y répondre. Il admet que, dans la position verticale, la partie inférieure prend un volume relativement plus considérable que la partie supérieure : ainsi la tête serait notablement plus volumineuse, et l'extrémité pelvienne moins volumineuse, lorsque l'embryon aurait la tête en bas, au lieu d'avoir conservé la position horizontale. Le fait inverse se produirait, lorsque l'embryon aurait la tête en haut et l'extrémité pelvienne en bas[2]. Liharzick croit pouvoir expliquer ces faits par l'action de la pesanteur. J'ai répété ces expériences, et je n'ai rien vu de pareil. Je dois dire cependant que je ne suis pas en mesure de contredire absolument les faits annoncés par Liharzick. Il me faudrait pour cela des expériences beaucoup plus nombreuses, et surtout plus variées.

[1] A supposer, bien entendu, que les choses se passeraient dans la position verticale exactement comme dans la position horizontale. Il est évident qu'en pareille matière, on doit toujours ne juger que par les faits.

[2] Liharzick, *Das Gesetz des menschlichen Wachsthums*, 1858, p. 16 et suiv.

Mais, quoi qu'il en soit, je pense que la position verticale de l'embryon ne peut pas ne pas modifier, dans une certaine mesure, les conditions de son développement, en modifiant ses relations avec le jaune et avec l'allantoïde. Il serait intéressant de savoir si l'embryon primitivement horizontal ne pourrait pas, dans certains cas, conserver toujours cette position, et périr au bout d'un certain temps, par l'effet de cette attitude vicieuse. Il serait également intéressant de savoir comment le jaune et l'allantoïde se placent dans l'intérieur de la coquille, lorsque l'embryon est devenu vertical. Et ces positions du jaune et de l'allantoïde ne sont évidemment pas les mêmes, lorsque la tête de l'embryon est placée à l'extrémité supérieure ou à l'extrémité inférieure. Je ne puis, pour le moment, donner aucune indication sur ce sujet, parce que, dans mes recherches sur la tératogénie, j'ai rarement dépassé le 5e ou 6e jour de l'incubation, sachant qu'à cette époque toutes les anomalies embryonnaires se sont déjà produites.

Les considérations que je viens de présenter nous conduisent d'ailleurs à admettre que les effets de l'évolution dans la position verticale doivent être très variés. C'est ce qui explique très probablement les divergences d'opinions des auteurs qui en ont parlé. C'est ainsi que Réaumur affirme que la plupart des œufs qu'il a fait couver dans la position verticale ont donné des poulets éclos spontanément, tandis que Baer aurait vu presque toujours les embryons périr dans cette condition [1]. On arriverait certainement à rendre compte de ces divergences, en reprenant les expériences sur une grande échelle, et en déterminant avec exactitude les conditions dans lesquelles les embryons se développent, et leurs positions dans l'intérieur de la coquille. Mais ce travail n'aurait qu'un intérêt médiocre. La position verticale des œufs ne donnera jamais qu'une méthode tératogénique très imparfaite, et qui, au point de vue de la production des monstres, me paraît devoir être complètement abandonnée.

§ 2.

La position verticale des œufs est la seule méthode tératogénique, fondée sur l'intervention, dans l'incubation, de conditions accidentelles, que j'aie employée dans mes expériences.

Il est évident que l'on peut imaginer un nombre indéfini de méthodes

[1] Réaumur, *Art de faire éclore, etc.*, t. 1, p. 150 et suiv. — Baer, dans la *Physiologie* de Burdach, t. III, p. 281 à 297.



tératogéniques, en faisant intervenir des causes qui, dans l'état ordinaire, n'agissent point sur l'évolution. Si l'action de ces causes n'est pas assez intense pour faire périr le germe, ou l'embryon auquel il donne naissance, elles produiront nécessairement un trouble de l'évolution.

Ces études auraient évidemment un grand intérêt. Je ne pense cependant pas qu'elles conduisent à produire des anomalies autres que celles que j'ai obtenues par de simples modifications des conditions de l'évolution normale. Mais elles pourraient répandre de vives lumières sur la question encore si obscure de l'influence des milieux sur les êtres vivants.

Parmi ces causes accidentelles, il en est une, à laquelle plusieurs personnes ont déjà pensé : c'est l'électricité. On a signalé, de tout temps, l'influence des orages sur la réussite des couvées, influence que l'on cherchait dès l'antiquité, et que l'on cherche encore aujourd'hui, comme on le faisait du temps de Pline, à neutraliser en plaçant un clou de fer au-dessous des œufs en incubation. Les parois métalliques de mes couveuses annulent l'influence de l'électricité de l'air. Mais elle pourrait probablement agir dans les couveuses sans feu, lorsqu'elles sont construites en bois, et que le réservoir d'eau est un sac en caoutchouc.

Quand on pense à l'action de l'électricité sur les êtres vivants, on doit nécessairement se demander si elle n'influerait pas, d'une manière quelconque, sur l'évolution.

Lorsque les physiciens commencèrent, au siècle dernier, à étudier les phénomènes électriques, ils ne pouvaient laisser de côté l'influence de ces phénomènes sur les êtres vivants. Un chimiste prussien, Achard, qui construisit la première fabrique de sucre de betterave, a même écrit un mémoire dans lequel il prétend avoir fait éclore des poulets en substituant à l'action de la chaleur celle d'une machine électrique. Cela est évidemment inadmissible. Dans notre siècle, divers physiologistes ont essayé de modifier l'évolution embryonnaire par l'emploi de l'électricité.

Prévost et Dumas disent avoir produit des monstres par l'emploi de courants électriques ; mais ils se bornent à cette simple indication ; ils ne parlent ni des procédés employés, ni des résultats obtenus [1].

Lombardini a soumis des œufs couvés depuis quelques jours (du 2e

[1] Prévost et Dumas, *Mémoire sur le développement du poulet dans l'œuf*, dans les *Ann. des Sc. nat.*, 1re série, t. XII, p. 417.

au 9e jour) à l'action des courants de la pile de Bunsen, des courants d'induction ou des secousses de la bouteille de Leyde[1].

Dans certains cas, l'évolution n'a pas été modifiée; dans d'autres, il y a eu diverses modifications, les unes tératologiques et les autres pathologiques. Comme les faits tératologiques ne se produisent que pendant les premiers temps de l'incubation, je me demande, comme je l'ai déjà dit, si ceux que Lombardini a observés dans ses expériences n'auraient pas été produits par des causes tout autres que l'électricité[2].

Ces expériences devraient donc être reprises d'une autre façon. Il faudrait soumettre les œufs, dès la mise en incubation, à l'action continue de courants électriques, assez peu intenses pour ne pas produire la désorganisation et la mort. On obtiendra certainement ainsi des résultats intéressants, et d'ailleurs complètement inattendus.

On pourrait également étudier l'évolution de l'embryon dans des atmosphères artificielles[3].

J'ai souvent pensé à installer des expériences pour étudier ces deux questions, l'action tératogénique de l'électricité et celle des atmosphères artificielles. Mais j'ai toujours reculé, jusqu'à présent, devant les innombrables difficultés d'exécution que me présenterait l'installation des appareils nécessaires à leur exécution. Il me faudrait, pour cela, bien des conditions qui me manquent, et, avant tout, un laboratoire plus spacieux que celui dont je puis disposer.

Je n'indiquerai pas ici d'autres méthodes tératogéniques; et je me contenterai de rappeler la condition générale qui doit régir l'emploi de toutes ces méthodes quelles qu'elles soient, condition que j'ai déjà signalée : c'est que l'on ne peut modifier l'évolution et produire des événements tératologiques qu'en agissant sur le germe dès la mise en incubation, ou sur l'embryon dans les quatre premiers jours. Après cette période, on n'obtiendra que des anomalies insignifiantes.

[1] LOMBARDINI, *Forme organiche irregolare negli Uccelli e Batrachidi*, p. 75 et suiv.

[2] Voir p. 81.

[3] L'étude de l'évolution de l'embryon dans des gaz autres que l'air atmosphérique a été tentée à diverses reprises par plusieurs physiologistes; (ERMAN, *Isis*, 1818, t. 1, p. 122. — SCHWANN, *De necessitate aeris atmospherici ad evolutionem pulli in ovo incubito*, 1835. — BAUDRIMONT ET MARTIN SAINT ANGE, *Recherches anat. et phys.*, etc., chap. 10, et aussi p. 667 et suiv. — POTT, *Versuche über die Respiration des Hühner-Embryo in einer Sauerstoffsatmosphäre*, dans les *Archives* de Pfluger, t. 31, p. 268, 1883). Mais ces expériences, d'ailleurs très incomplètes, laissent entièrement en dehors d'elles la question tératogénique.



NOTE A

Les faits généraux que j'expose dans ce chapitre et dans les chapitres suivants résultent d'un nombre très considérable d'expériences accomplies, depuis douze ans, au laboratoire de tératologie.

J'aurais voulu compléter cette exposition par le récit détaillé de ces expériences; mais je suis contraint d'ajourner ce projet. Il y a, dans toute étude scientifique, deux périodes bien distinctes : la période de la recherche et la période de la démonstration. Je n'ai pas dépassé la première. Jusqu'à présent, je n'ai tenté d'expériences que pour découvrir des faits inconnus. Elles n'ont été, par conséquent, qu'une succession de tâtonnements et d'essais, et ne m'ont conduit à des résultats certains qu'après avoir été répétées un très grand nombre de fois, et dans les conditions les plus diverses.

Il me resterait maintenant à prouver l'exactitude de toutes les propositions que j'avance; en d'autres termes, à substituer aux expériences de recherches des expériences de démonstration. Il faudrait pour cela soumettre des œufs à l'incubation en réunissant l'ensemble des conditions que je considère comme nécessaires à l'évolution normale. En faisant varier l'une quelconque de ces conditions, on arriverait certainement à mettre son rôle en pleine évidence. Il serait d'ailleurs intéressant de compléter ces recherches par l'étude de l'action simultanée de causes différentes; par exemple, en faisant intervenir l'âge des œufs dans toutes les questions relatives à l'influence des températures relativement basses ou relativement élevées. C'est un travail que je compte aborder un jour. Mais il me faudrait, pour l'entreprendre avec quelque chance de succès, des éléments de travail qui m'ont toujours fait défaut.

J'aurais besoin, en effet, d'un poulailler pourvu d'un grand nombre de poules, afin de pouvoir me procurer, moi-même, tous les œufs que je mets en expérience. L'âge des œufs, et la manière dont on les conserve jusqu'à la mise en incubation, exercent une grande influence sur l'évolution embryonnaire. Tant que je serai contraint, comme je l'ai été jusqu'à présent, d'acheter les œufs qui servent à mes études, et de me contenter des renseignements donnés par les personnes auxquelles je les achète, il me sera très difficile d'arriver à apprécier exactement les conditions qui peuvent agir entre la ponte et la mise en incubation. Comment établir, par exemple, l'influence de l'âge des œufs dans la production des anomalies, si, pour connaître la date de la ponte, on doit se rapporter au dire de personnes indifférentes, et qui même peuvent avoir intérêt à ne pas dire la vérité? En matière de science, nous ne pouvons ajouter foi qu'à ce que nous avons constaté nous-mêmes.

Si je puis surmonter ces difficultés et installer des expériences dans des conditions complètement satisfaisantes, je reprendrai ce travail. On pourra voir alors que tous les faits généraux énoncés dans cette première partie de mon livre résultent de l'étude d'un nombre extrêmement considérable de faits de détail, lentement et péniblement recueillis.

NOTE B

Voici la description de l'étuve d'Arsonval. Je l'emprunte textuellement à une *Notice sur les appareils à température constante de M. A. d'Arsonval, construits par* V. Wiesnegg, 1877 :

« Cette étuve se compose de deux vases cylindro-coniques concentriques limi-

tant deux cavités : l'une centrale qui est l'enceinte qu'on veut maintenir à une température constante, l'autre annulaire que l'on remplit par la douille et qui constitue le matelas liquide soumis à l'action du foyer. Ce matelas d'eau distribue régulièrement la chaleur autour de l'enceinte et l'empêche de subir de brusques variations de température; il mérite donc bien le nom de *volant de chaleur* que lui a donné M. Schlœsing.

M. d'Arsonval a eu l'idée d'utiliser les variations de volume de cette masse de liquide pour régler le passage du gaz allant au brûleur. C'est là ce qui constitue l'originalité de ses appareils, en même temps que leur exquise sensibilité.

Pour cela, la paroi externe de l'étuve porte une tubulure latérale B, qui, communiquant avec l'espace annulaire, se trouve fermée à l'extérieur par une membrane verticale de caoutchouc : cette membrane constitue, une fois la douille du haut bouchée, la seule portion de paroi qui puisse traduire à l'extérieur les variations de volume du matelas d'eau en les totalisant. Or le gaz qui doit aller au brûleur est amené par un tube D qui débouche normalement au centre de cette membrane et à une faible distance de sa surface externe dans l'intérieur d'une boîte métallique, d'où il ressort par un autre orifice E qui le conduit au brûleur. Tube et membrane constituent de la sorte un robinet très sensible dont le degré d'ouverture est sous la dépendance des variations de volume du matelas d'eau, et qui ne laisse aller au brûleur que la quantité de gaz strictement nécessaire pour compenser les causes de refroidissement.

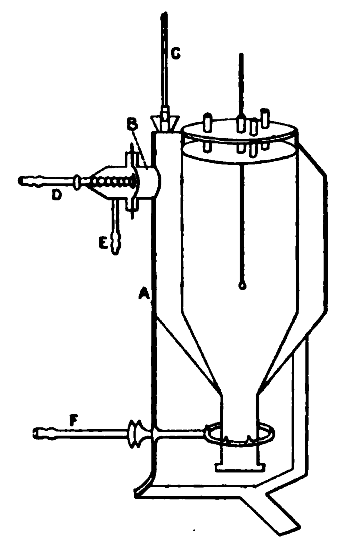


Fig. 1. — Couveuse d'Arsonval.

Dans cette combinaison le combustible chauffe *directement* le régulateur qui à son tour réagit *directement* sur le combustible; ainsi se trouve justifiée l'épithète appliquée à ces régulateurs qui, de la sorte, ne peuvent être paresseux à régler.

Voici maintenant le maniement de l'appareil :

1° Après avoir ouvert la douille du haut qui communique avec l'espace annulaire A, on remplit cet espace d'eau récemment bouillie en dehors de l'étuve et, par conséquent, privée d'air. Ce remplissage est fait une fois pour toutes.

2° Sans fermer la douille, on plonge un thermomètre dans l'eau, et, après avoir ajusté les tubes de caoutchouc, on allume le brûleur F. Alors la température s'élève peu à peu.

3° Lorsque l'appareil est à la température désirée, on retire le thermomètre et l'on replace sur la douille le bouchon avec le tube de verre C, qui le surmonte.

L'appareil se trouve définitivement réglé pour cette température, et voici par quel mécanisme : le tube qui amène le gaz porte un petit disque mobile qui, s'appliquant sur la membrane, tend sans cesse à l'éloigner de l'orifice d'arrivée du gaz, grâce à l'élasticité d'un petit ressort à boudin. Tant que la douille du haut est ouverte, l'eau provenant de la dilatation s'écoule au dehors, et, le gaz continuant d'affluer au brûleur par la tubulure E, la température s'élève d'une

façon continue; mais, lorsque l'on met le bouchon surmonté du tube, l'eau provenant de la dilatation, au lieu de se perdre, monte dans le tube de verre, et cette colonne d'eau exerce sur la membrane une pression de plus en plus forte qui, surmontant graduellement l'élasticité du boudin, rapproche de plus en plus la membrane de l'orifice d'arrivée du gaz dont le passage se trouve ainsi réglé.

Le tube D, qui amène le gaz, porte un pas de vis qui permet de l'éloigner ou de l'approcher de la membrane; un contre-écrou sert à fixer le tube dans sa position.

Si le gaz ne passait pas au moment de l'allumage, cela prouverait que le tube touche la membrane : on n'aurait qu'à le reculer en le dévissant pour donner passage au gaz.

Si, au moment du réglage, la flamme ne baissait pas, malgré l'élévation de la colonne d'eau dans le tube de verre, cela prouverait que l'orifice d'arrivée du gaz est trop loin de la membrane, et on visserait le tube jusqu'à ce qu'on voie baisser la flamme.

En résumé, pour faire fonctionner l'appareil, il faut :

1° Remplir complètement d'eau bouillie l'appareil par la douille;

2° Mettre dans cette douille un thermomètre *qui ne la bouche pas* et laisse l'écoulement libre pour l'eau provenant de la dilatation;

3° Allumer le brûleur et dévisser légèrement le tube si le gaz ne passait pas;

4° Quand le thermomètre marque la température voulue, on l'enlève et on le remplace par le bouchon qui porte le tube de verre.

On visserait légèrement l'arrivée du gaz si la flamme ne baissait pas malgré l'élévation de l'eau dans le tube de verre.

L'appareil est réglé définitivement; on peut l'éteindre. Au rallumage il remontera de lui-même à la même température.

Cette disposition est très commode en ce sens que l'appareil est réglé une fois pour toutes. Les personnes qui voudraient utiliser toute la sensibilité de l'appareil peuvent surprimer le tube de verre et boucher hermétiquement la douille. Seulement, il ne faut pas oublier *de la déboucher* lorsqu'on éteint le gaz, pour permettre à l'air de rentrer lorsque l'eau se contracte par le refroidissement. »

La cavité centrale, dans laquelle on place les œufs, est fermée supérieurement par un couvercle percé de quatre trous. L'un d'eux occupe le centre ; il sert à placer le thermomètre qui doit indiquer constamment la température de l'air contenu dans cette cavité. Les trois autres sont placés à des distances égales du trou central. Ils servent à la ventilation. A la partie inférieure, cette cavité se termine par un large tube que l'on peut ouvrir ou fermer, à volonté. Ce tube sert à la ventilation, comme les trois trous du couvercle supérieur. L'air qui s'échauffe dans l'intérieur de l'appareil, et qui est toujours à une température supérieure à celle de l'air de la pièce, puisque l'échelle des températures utiles est contenue entre 28° et 43°, sort par les trous du couvercle. Il est constamment remplacé par l'air de la pièce qui pénètre dans la cavité par la tubulure inférieure, et qui s'échauffe peu à peu au contact des parois de l'espace cylindro-conique annulaire.

On introduit les œufs dans la cavité centrale. Pour éviter leur contact avec les parois de l'étuve, ils sont placés dans une cage formée par un treillage de fil de fer. De cette façon les œufs ne peuvent être chauffés que par l'air qui remplit la cavité centrale.

Je me suis assuré que, dans cet appareil, lorsqu'il a été bien réglé, la température de l'air contenu dans la cavité centrale reste indéfiniment invariable. »

NOTE C

La couveuse à air libre, que j'appelle ainsi parce que les œufs baignés dans l'air de la pièce ne sont en contact avec la source de chaleur que par un seul point, a été construite, il y a une cinquantaine d'années, par Cantelo. Je l'ai

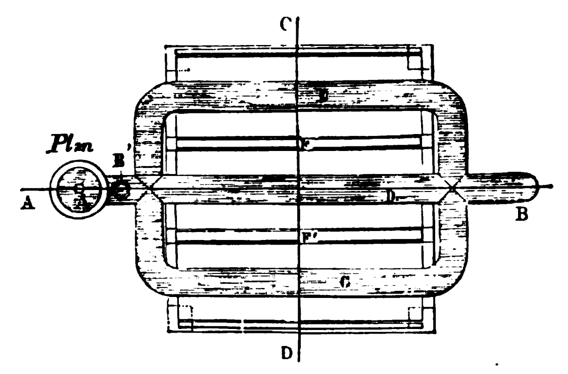


Fig. 2. — Couveuse à air libre. Plan de l'appareil. Lettres communes aux figures 2, 3, 4 : A, chaudière ; B, tube pour l'introduction du thermomètre ; C, D, E, tuyaux de chauffe ; F, F', tringles du châssis en bois qui porte les tuyaux de chauffe ; G, tuyau inférieur par lequel l'eau retourne à la chaudière ; H, thermomètre ; I, I', I'', pièce de flanelle qui porte les œufs.

modifiée en remplaçant la caisse de verre par des tuyaux cylindriques en verre, auxquels, plus tard, j'ai substitué des tuyaux de cuivre.

Ces tuyaux ont huit centimètres de diamètre. Ils sont au nombre de trois, et

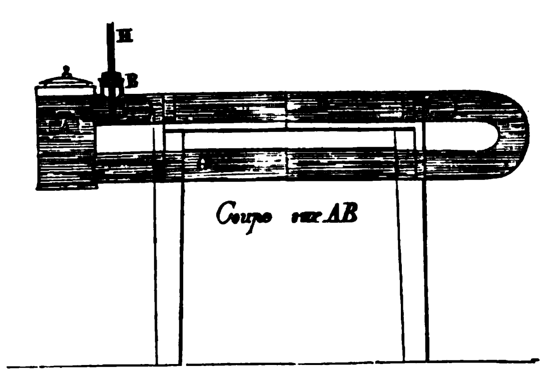


Fig. 3. — Couveuse à air libre. Coupe longitudinale sur AB.

reliés à leurs extrémités par deux tuyaux de même diamètre. Le tuyau central a son origine dans la chaudière, également en cuivre. Il se recourbe à son autre extrémité, et vient se terminer dans un tuyau inférieur G qui aboutit également à la chaudière.

Il résulte de cet arrangement des tuyaux qu'il se produit dans l'appareil une circulation d'eau chaude, lorsque la chaudière A est chauffée par une couronne de gaz. L'eau chaude sortant de la chaudière passe dans les tuyaux C, D, E, puis elle revient dans la chaudière par le tuyau inférieur G.

Les trois tuyaux de chauffe avec les tuyaux qui les relient sont supportés par un châssis en bois. Deux tringles de bois F, F' placées sur ce châssis entre les tuyaux. supportent une pièce de flanelle I, I', I'' qui passe au-dessous des trois tuyaux. Les œufs sont placés entre les tuyaux et la pièce de flanelle, tantôt parallèlement aux tuyaux et tantôt perpendiculairement. L'avantage que présente cet appareil, c'est qu'il permet de chauffer inégalement les différents points du blastoderme. Si l'on place les œufs immédiatement au-dessous des tuyaux, le blastoderme est également chauffé dans tous les sens, parce que le point de chauffe coïncide avec le point culminant, celui qu'occupe le cicatricule. Mais on peut arranger les œufs de telle façon que ces deux points ne coïncident pas. Dans ces conditions, les parties du blastoderme situées entre le point culminant et le point de chauffe s'échauffent plus que les autres. On verra plus loin les faits intéressants que j'ai obtenus par ce procédé.

La constance de la température, dans cet appareil, est produite par le régulateur de M. Schlœsing, régulateur introduit dans la chaudière.

Voici la figure de cet appareil.

Il consiste dans un réservoir en verre, terminé par un long tube. Ce réservoir présente latéralement une petite tubulure en verre, qui s'insère perpendiculairement sur la tubulure principale, et qui est fermée par une petite membrane en caoutchouc. Le réservoir est rempli de mercure qui s'élève dans le tube supérieur, et qui remplit toute la tubulure latérale.

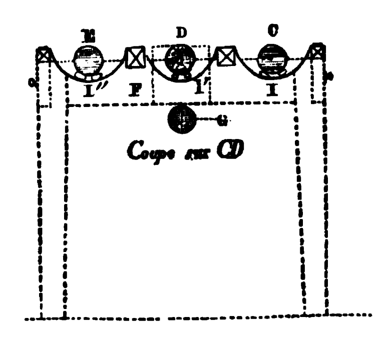


Fig. 4. — Couveuse à air libre. Coupe transversale sur CD. Dans ce dessin, on voit deux plans. Le premier, dans lequel on voit la coupe des tuyaux en antérieur, est figuré par des lignes pleines. Le second, sur lequel on voit la monture en bois, est figuré par des lignes ponctuées. Les œufs se voient entre les tuyaux C, D, E, et la pièce de flanelle I, I', I''.

L'appareil est introduit dans le bain liquide que l'on veut maintenir à une température constante. Ici, le bain liquide est l'eau contenue dans la chaudière. Si l'on chauffe l'eau de la chaudière, le mercure s'élève peu à peu dans la tubulure principale. Quand on a obtenu la température à laquelle on veut régler l'appareil, on ferme le robinet supérieur de la grande tubulure. Dans ces conditions la dilatation du mercure, produite par son échauffement, ne peut se faire que par la tubulure latérale; le mercure vient alors tendre la petite membrane en caoutchouc qui ferme cette tubulure; et la tension de cette membrane diminue l'entrée du gaz par le mécanisme suivant.

L'extrémité de la tubulure latérale, ainsi que celle du tube d'entrée du gaz sont enfermées dans une sphère creuse en verre, et disposées de telle façon que leurs extrémités soient en présence l'une de l'autre. Elles sont séparées par une petite palette en cuivre. Le gaz arrive dans la sphère creuse par l'orifice d'entrée F et en sort par l'orifice de sortie G pour se rendre au brûleur. Or voici comment fonctionne le régulateur. Lorsque le mercure se dilate dans la tubulure latérale, la membrane en caoutchouc qui la ferme exerce une pression contre cette palette de cuivre et l'applique sur la tubulure d'entrée. Elle diminue, par conséquent, la quantité de gaz qui s'échappe par cette tubulure, et par suite celle qui vient au brûleur. L'abaissement de la température de la chaudière produit la contrac-

tion du mercure enfermé dans le régulateur. Alors le mercure, cessant de presser sur la palette, ouvre l'entrée de la tubulure par laquelle pénètre le gaz. Le mercure s'échauffe, se dilate et vient fermer l'entrée du gaz. Or il résulte de ces dilatations et de ces contractions successives que la température de l'eau de la chaudière, s'élevant et s'abaissant successivement de quantités très petites, mais égales dans les deux sens, reste sensiblement invariable. Ce régulateur est d'une précision absolue.

Il me reste à dire quelques mots d'un petit appareil dont je me sers constamment dans mes expériences; c'est un appareil de mirage. Il a été construit par Carbonnier, l'auteur de très intéressantes expériences sur la reproduction de certains poissons des Indes. Carbonnier enfermait une lampe à huile dans une cage en fer-blanc percée en avant d'un trou à contour ovoïde. Il augmentait la visibilité de l'intérieur de l'œuf en augmentant l'intensité de la lumière par l'emploi d'un réflecteur métallique placé derrière la mèche. Quand on place l'œuf en avant de la lampe, dans le trou métallique percé dans la paroi de fer-blanc, et qu'on le regarde au travers d'une chambre obscure, les rayons lumineux, produits par la lampe et renvoyés par le réflecteur, traversent la coquille et permettent, dans une certaine mesure, de voir ce qui se passe dans l'intérieur. J'ai remplacé, dans cet appareil, la lampe par un bec de gaz. Le mirage des œufs, pendant les premiers temps de l'incubation, permet d'observer un certain nombre de faits, sans qu'il soit nécessaire de briser les coquilles. C'est ainsi que l'on constate la propriété que possède le jaune de venir toujours occuper le point culminant de l'œuf, dans quelque position que celui-ci soit placé. C'est également ainsi que l'on peut constater si l'embryon est vivant, par les mouvements qu'il exécute et qui sont parfaitement reconnaissables. Ce point est très important au point de vue de la tératogénie, parce que la vie de l'embryon, indiquée par sa mobilité, permet de poursuivre l'expérience aussi longtemps qu'elle peut donner des résultats utiles. Mais le mirage ne peut guère être employé que pendant les dix ou douze premiers jours de l'incubation, parce qu'au delà de cette époque, l'embryon et ses annexes sont tellement obscurs qu'il devient impossible de constater leur mobilité, et par suite leur vie. Il est possible qu'avec des éclairages plus intenses, et particulièrement avec la lumière électrique, on puisse augmenter la visibilité de l'intérieur de l'œuf. Je signale cette question aux personnes qui s'occupent d'embryogénie.

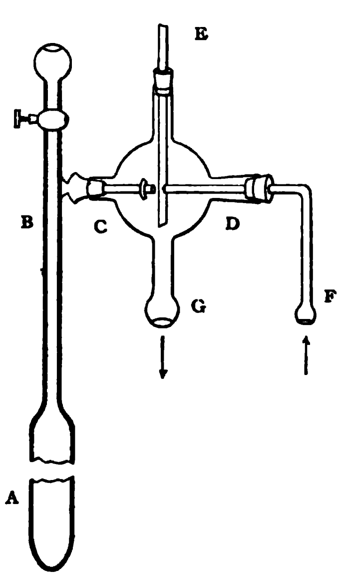


Fig. 5. — Régulateur Schlœsing. — A, réservoir rempli de mercure ; B, tube qui termine le réservoir ; C, tubulure latérale ; D, sphère creuse en verre ; E, palette de cuivre ; F, entrée du gaz ; G, sortie du gaz.

NOTE D

La mesure directe de la distance du point de contact ou de chauffe au point culminant de l'œuf, dans la couveuse à air libre, est à peu près impossible. Mais on peut la calculer à l'aide de deux constructions géométriques très simples qui s'appliquent, la première au cas où le grand diamètre de l'œuf est parallèle à l'axe du tuyau de chauffe, la seconde au cas où le petit diamètre de l'œuf est parallèle à cet axe.

Les considérations géométriques sur lesquelles je m'appuie pour obtenir ces

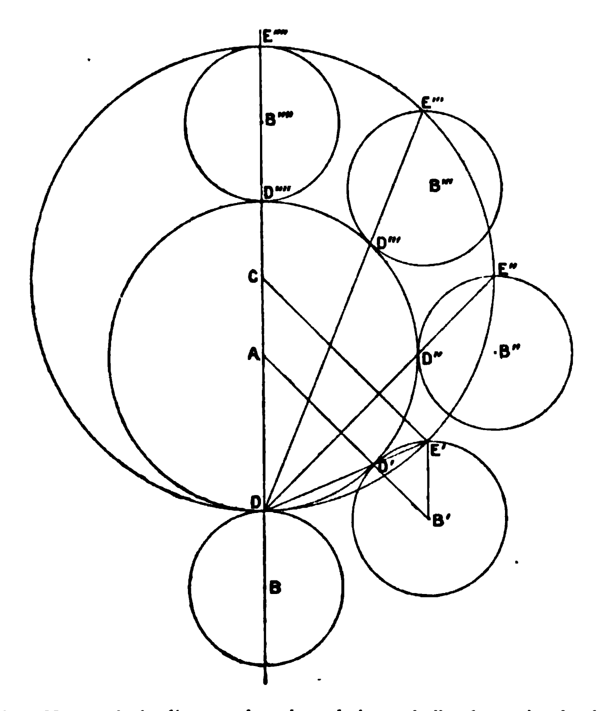


Fig. 6. — Mesure de la distance du point culminant de l'œuf au point de chauffe lorsque le grand axe de l'œuf est parallèle à l'axe des tuyaux.

mesures sont tout à fait indépendantes de la dimension du diamètre des tuyaux de chauffe et des dimensions du grand diamètre et du petit diamètre des œufs. Toutefois, pour fixer les idées, je resterai dans les conditions particulières où je me suis placé dans mes expériences. Les tuyaux de chauffe de ma couveuse à air libre ont un diamètre de $0^{m}08$. Les œufs que j'ai mesurés, et qui provenaient de poules de la race commune des environs de Lille, avaient en moyenne un petit diamètre de $0^{m}04$ et un grand diamètre de $0^{m}06$. Sans doute ces nombres ne sont que des nombres moyens; et les différences de forme des œufs, dont les uns sont plus ronds et les autres plus allongés, font que les nombres qui expriment la longueur du grand diamètre de chaque œuf en particulier sont relativement assez différents. Mais ces différences sont trop petites pour changer notablement la

valeur des mesures. On pourrait d'ailleurs obtenir une exactitude beaucoup plus grande en mesurant directement le grand et le petit diamètre de chaque œuf ; mais cela n'aurait aucun avantage réel.

Comme le volume des œufs n'est pas le même dans les différentes races de poules, il faudrait, si l'on voulait obtenir ces mesures pour des œufs provenant d'autres races que ceux que j'ai étudiés, mesurer la longueur moyenne des deux diamètres des œufs mis en expérience.

Cela posé, j'examine d'abord le cas le plus simple, celui dans lequel le grand diamètre de l'œuf est parallèle à l'axe des tuyaux de chauffe.

Dans ce premier cas, une section transversale de l'œuf, menée par son petit diamètre, forme un petit cercle tangent au grand cercle qui résulte de la section transversale du tuyau de chauffe. La distance du point de chauffe au point culminant est donc un arc de cercle; mais, comme cet arc de cercle est généralement très petit, on peut le remplacer par sa corde. Or voici comment on peut obtenir la mesure de cette corde:

Je décris un grand cercle qui représente la section transversale du tuyau de chauffe; puis je décris un certain nombre de petits cercles tangents au premier, cercles qui représentent la section transversale de l'œuf dans un certain nombre des positions qu'il peut occuper autour du tuyau de chauffe et qui, par conséquent, sont tous égaux entre eux. Dans la figure, le diamètre du grand cercle et celui des petits cercles sont réduits à la moitié de leurs dimensions naturelles, c'est-à-dire à 0^m04 pour le grand cercle, à 0^m02 pour les petits cercles.

Cette figure géométrique présente trois propriétés remarquables qui permettent de mesurer la distance du point de chauffe au point culminant de l'œuf.

1° Le lieu géométrique de toutes les positions occupées par le point culminant de l'œuf est un cercle dont le centre est en C, et dont le rayon est égal à AD, rayon du grand cercle, + DB, rayon du petit cercle.

En effet, considérons un cercle quelconque, par exemple celui dont le rayon est B'E'. Le rayon B'E' étant vertical est parallèle à DD'''', diamètre vertical du grand cercle. Si par le point E' je mène une parallèle à AB', cette parallèle coupe le diamètre DD'''' au point C et détermine le parallélogramme AB'C'E'; par conséquent la ligne CE' = la ligne AB', ou, en d'autres termes, la ligne AD' + D'B'.

Or, dans toutes les positions que le petit cercle occupe autour du grand, l'égalité des lignes AB, AB', AB'', etc., toutes égales à AD+DB, et celle des lignes B'E', B''E''', B'''E''', etc., entrainent celle des lignes CD, CE', CE'', etc. Toutes ces lignes partant d'un même point C, et de même longueur, sont donc les rayons d'un cercle, et ce cercle est, par conséquent, le lieu géométrique de tous les points culminants des petits cercles, et par conséquent de l'œuf.

2° Les prolongements des cordes D'E', D''E', D'''E''', qui mesurent la distance des points de contact aux points culminants de l'œuf, viennent tous aboutir à un point D, point inférieur du diamètre vertical DD'''.

Il s'agit, pour démontrer cette proposition, de prouver que les trois points DD'E sont en ligne droite. Or le triangle ADD' est isoscèle, puisque les côtés AD, AD' sont égaux comme rayons d'un même cercle, et par conséquent l'angle ADD' = l'angle AD'D. Le triangle CDE' est également isoscèle, puisque les côtés CD, CE' sont égaux comme rayons d'un même cercle, et, par conséquent, l'angle CDE' = l'angle CE'D. Mais dans ces deux triangles les angles DAD', DCE' sont égaux comme ayant leurs côtés parallèles. Il en résulte que les deux triangles ADD', CDE' sont semblables, et que, par conséquent, l'angle CDE' = l'angle ADD'. Donc leurs côtés se confondent, et, par conséquent, DD' se confond avec DE', qui est égal à DD' + DE'.



Ce qui est vrai pour la ligne D′ E′ l'est également pour toutes les autres lignes D″E″, D‴E‴, etc. Par conséquent, les prolongements de toutes ces lignes viennent aboutir au point D.

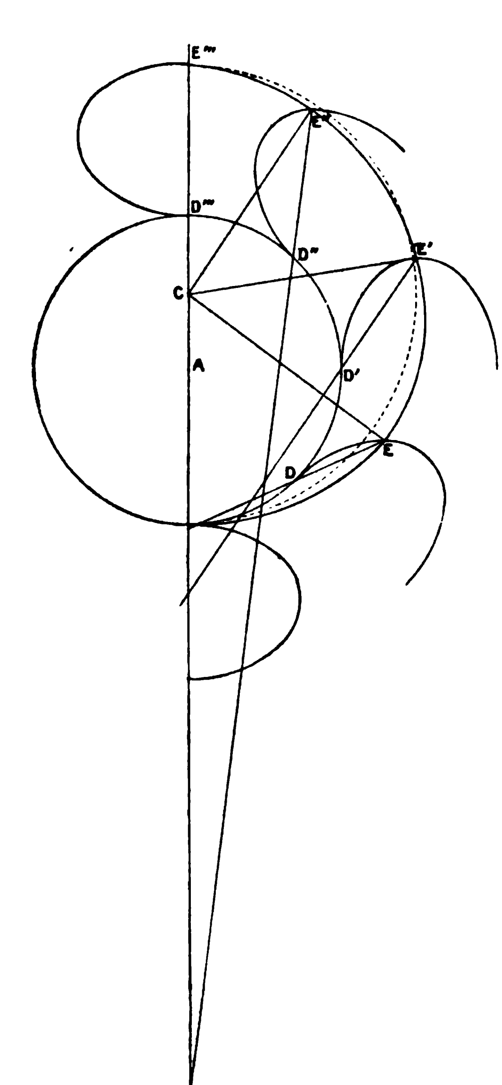


Fig. 7. — Mesure de la distance du point culminant de l'œuf au point de chauffe, lorsque le grand axe de l'œuf est oblique à l'axe des tuyaux.

3° Le rapport des cordes D″E″, D″E,′, etc., à leurs prolongements DD′, DD″, etc., est le même que celui du rayon du petit cercle B′E′ au rayon du grand cercle AD.

Cela résulte de la similitude des triangles D′B′E′ et ADD′. En effet, les angles D′B′E′ = DAD′ sont égaux comme alternes internes. De plus, les deux triangles étant isoscèles, les angles B′D′E′, D′E′B′ du petit triangle sont égaux entre eux, et aussi aux angles ADD′ AD′D du grand triangle. Par conséquent :

$$\frac{D'E'}{DD'} = \frac{D'B'}{AD'} = \frac{r}{R}$$

Dans le cas actuel, $\frac{r}{R} = \frac{1}{2}$

La ligne qui mesure la distance du point de contact au point culminant de l'œuf est donc la moitié de la distance du point D au point de contact, et, par conséquent, le tiers de la distance du point D au point culminant de l'œuf.

On voit comment toutes ces quantités sont liées entre elles. Pour les appliquer à la mesure des distances, il suffit donc de déterminer exactement la position du point de contact ou point de chauffe, c'est-à-dire, sur la figure, la longueur de la ligne DD′, DD″, etc., ou, en d'autres termes, la position des points D′, D″.

Assurément la détermination directe de la position des points D′, D″, etc., présente de très grandes difficultés. Mais on peut la calculer assez facilement pour un certain nombre de positions de l'œuf. Il faut, du reste, faire remarquer que, dans la question qui m'occupe ici, cela suffit complètement.

En effet, je puis assez facilement placer un œuf au-dessous du tuyau de chauffe, de manière que le point de chauffe coïncide avec le point culminant. Je puis alors placer deux œufs parallèlement au premier, et ainsi de suite.

Je puis également placer deux œufs en contact au-dessous du tuyau de chauffe, de manière que le prolongement inférieur du diamètre vertical passe par leurs points de contact. Puis je place deux œufs parallèlement aux deux premiers, et ainsi de suite.

Je puis donc avoir très approximativement un certain nombre de positions des points D′, D′′, et, par conséquent, obtenir très approximativement les distances D′E′, D′′E′′, etc. Je me borne à indiquer ces faits, pour ne pas allonger cette note outre mesure.

Dans le cas où le grand diamètre de l'œuf a une position oblique par rapport aux tuyaux, il est un peu plus difficile d'obtenir des mesures exactes pour la distance entre le point de chauffe et le point culminant de l'œuf. Mais on peut obtenir ces mesures avec une approximation encore assez grande, à l'aide d'une autre construction.

Ici, comme dans la figure précédente, je fais tourner autour du cercle qui représente la section transversale des tuyaux de chauffe, non plus un cercle, mais une ellipse dont les diamètres ont les dimensions énoncées plus haut (petit axe, 0ᵐ04; grand axe, 0ᵐ06).

Sans doute, la forme de l'œuf n'est pas exactement celle d'un ellipsoïde de révolution. Il n'est personne qui ne connaisse le gros bout et le petit bout de l'œuf. Toutefois cette différence entre la forme réelle de l'œuf et celle d'un ellipsoïde est tellement petite qu'il est inutile d'en tenir compte.

Or, en construisant, point par point, le lieu géométrique de tous les points culminants de cette ellipse dans ses diverses positions autour du cercle, je constate que la courbe ainsi obtenue n'est pas un cercle, mais qu'elle ne diffère que très peu du cercle qui est le lieu géométrique des points culminants de l'œuf dans la figure précédente. Les lignes menées du centre C de ce cercle aux points culminants de l'ellipse sont un peu plus longues que les rayons de ce cercle dans la moitié inférieure, un peu plus courtes dans la moitié supérieure, mais d'une quantité très faible, et que nous pouvons considérer comme négligeable. On peut donc se rapprocher beaucoup de la vérité en employant, dans le second cas, les procédés de mesure que j'ai indiqués dans le premier. Il est bien clair, en effet, que l'intensité de la chaleur à partir du point de chauffe, décroissant d'une manière continue mais par degrés infiniment petits, ne peut présenter des différences notables qu'à des distances assez différentes, et que, par conséquent, la température du point culminant dans le second cas ne doit pas différer d'une manière appréciable de celle du point culminant dans le premier.

Il est évident cependant que l'on pourrait obtenir des mesures plus exactes en complétant la construction géométrique, comme dans le premier cas. Mais cette construction est beaucoup plus compliquée, car on voit par l'inspection de la figure que les prolongements des cordes qui mesurent les distances ne viennent point se couper au point D, extrémité inférieure du diamètre du cercle, et qu'elles viennent couper en des points différents le prolongement inférieur de ce diamètre. On pourrait, sans doute, construire empiriquement une figure qui donnerait un certain nombre de ces distances. Mais ce serait un travail très considérable et qui ne donnerait pas des résultats en rapport avec les indications que l'on veut obtenir. Il faut se contenter, dans toutes les sciences, du degré de précision qu'exigent les recherches.

DEUXIÈME PARTIE

TÉRATOGÉNIE GÉNÉRALE

DEUXIÈME PARTIE

TÉRATOGÉNIE GÉNÉRALE

CHAPITRE I

CONDITIONS GÉNÉRALES DE LA PRODUCTION DES MONSTRES

SOMMAIRE. — 1° Distinction des deux périodes de la vie embryonnaire. — 2° Arrêts de développement. — 3° Excès de développement. — 4° Métamorphoses. — 5° Adhérences. — 6° Union des parties similaires.

§ 1[1].

Aristote, *le maître de ceux qui savent*[2], que l'on retrouve toujours au début de toutes les questions dont s'occupent les sciences biologiques, a très nettement indiqué les caractères généraux de l'évolution des animaux. « Toutes les parties, dit-il, sont d'abord délimitées par leurs contours ; ensuite, elles prennent la couleur, la mollesse et la dureté ; la nature créant exactement à la manière d'un peintre d'animaux. En effet, les peintres tracent d'abord les lignes, puis ils appliquent les couleurs[3]. »

Cette phrase, très exacte dans son extrême concision, a été admirablement commentée par Harvey. « La masse du corps est homogène au début ; elle apparaît comme une gelée séminale ; c'est en elle que toutes les parties s'ébauchent d'abord par une division obscure ; puis que les organes apparaissent et se distinguent. Ces parties ne résultent pas d'éléments dissimilaires et hétérogènes, unis malgré eux ; mais c'est aux dépens de la même matière que, par voie de génération, ils naissent, se distinguent les uns des autres et deviennent dissemblables. Il semble que le poulet entier se crée par un ordre ou une parole de l'ouvrier divin. Qu'il se fasse une masse blanche homogène ; qu'elle se divise en parties, tout en s'accroissant ; qu'il se fasse,

[1] Ce paragraphe est le développement d'une note que j'ai adressée à l'Académie des sciences sous ce titre : *Sur une condition très générale des anomalies de l'organisation*, dans les *Comptes rendus*, t. LXIX, p. 1292. 1865.

[2] Il maestro di color che sanno. (Dante.)

[3] ARISTOTE. Ἅπαντα δὲ ταῖς περιγράφαις διορίζεται πρότερον, ὕστερον δὲ λαμβάνει τὰ χρώματα καὶ τὰς μαλακοτήτας καὶ τὰς σκληροτήτας, ἀτεχνῶς ὥσπερ ἂν ὑπὸ τοῦ ζωγραφοῦ τῆς φύσεως δημιουργούσης. Καὶ γὰρ οἱ γράφεις ὑπογράψαντες ταῖς γραμμαῖς, οὕτως ἐναλείφουσι τοῖς χρώμασι τὸ ζῶον. (Περὶ ζώων γενέσεως, lib. II, cap. VI.)

pendant cet accroissement, une séparation et une ébauche des parties; que telle partie devienne plus dure et en même temps plus épaisse et plus blanche; que telle autre devienne plus molle et plus colorée. Et il fut fait ainsi. C'est de cette façon que, chaque jour, le poulet se crée dans l'œuf; c'est aux dépens d'une même matière que tous les organes se créent, se nourrissent et s'accroissent[1]. »

Il est impossible d'exprimer d'une manière plus nette et plus saisissante le grand fait qui domine toute l'embryogénie, l'*épigenèse*, comme disait Harvey, c'est-à-dire la création successive des organes par la différentiation d'une matière homogène qui constitue, au début, la masse embryonnaire.

La doctrine de la préexistence des germes, qui arrêta pendant si longtemps les progrès de la science, empêcha les physiologistes d'apprécier à sa juste valeur ce fait fondamental. On voit cependant par certains passages de Haller qu'il ne l'avait pas complètement méconnu. Mais il en donnait une idée très inexacte; tout en admettant la préexistence des organes, il ajoutait que leur mollesse et leur transparence les rend souvent invisibles dans les premiers temps de la vie embryonnaire, et qu'ils n'acquièrent que tardivement leur état définitif.

Wolff, dans sa lutte contre la doctrine de la préexistence, reprit cette notion de l'homogénéité primitive de la masse embryonnaire; il la compléta, en montrant que cette masse homogène se résout, sous un faible grossissement du microscope, en un amas de globules tout à fait comparables à ceux qui forment les tissus des jeunes plantes[2]. L'em-

[1] HARVEY, *Exercitationes de generatione animalium*, édit. de 1651, p. 124. « Corporis moles... similaris ab initio et tanquam gluten spermaticum cernitur: inde autem partes per divisionem obscuram delineantur primo, posteaque organa fiunt, et distinguuntur.

« Partes istæ non fiunt ab elementis dissimilaribus, atque heterogeneis, invicem unitis, sed ex simili materia per generationem oriuntur et discriminantur, dissimilaresque fabricantur. Perinde ac si divini opificis jussu, seu effatu quodam, totus pullus crearetur. Scilicet fiat massa similaris alba, ac dividatur in partes, ac augeatur atque interim, dum augetur, fiat partium secretio, et delineatio; fiat que hæc pars durior, et simul crassior atque albidior; illa mollior et simul coloratior; atque ita factum est. Sic nempe quotidie pulli fabrica in ovo procedit; ex eadem materia fiunt, nutriuntur et augentur omnia. » Harvey est fréquemment revenu sur cette idée qui est le fondement de l'embryogénie.

[2] WOLFF, *Theoria generationis*, part. II, p. 166. « Partes constitutæ ex quibus omnes corporis partes in primis initiis componuntur, sunt globuli, mediocri microscopio cedentes semper. »

Les *globules* dont parle Wolff sont actuellement désignés sous le nom de *cellules*. Cette désignation est d'ailleurs restée, dans la science, pour les *globules* du

bryon, privé de vaisseaux et de sang, vit et se nourrit, pendant cette première période, à la manière des plantes, et aussi à la manière des tissus qui, dans l'état adulte, n'ont pas de vaisseaux, comme l'épiderme, les ongles et les poils, ou n'en ont que très peu, comme les os[1]. Wolff indiquait ainsi, dès 1768, la grande découverte que Schwann a faite de nos jours, lorsqu'il a démontré que l'organisation animale est, à son début, tout à fait comparable à l'organisation végétale et que la trame organique, dans les deux règnes, est constituée par les mêmes éléments, par des cellules[2].

Je ne referai point, après tant d'autres, l'histoire de ces cellules. Je me contente de rappeler que la substance embryonnaire primitive, constituée entièrement par des matériaux homogènes, éprouve une série de transformations pendant lesquelles s'ébauchent peu à peu la forme générale de l'animal et la forme particulière de chaque organe. Plus tard, et très probablement par suite de la formation du sang et de l'établissement de la circulation, on voit apparaître, dans cette masse homogène primitive, les organes définitifs, caractérisés par des éléments histologiques spéciaux; et ces organes présentent assez exactement, dès leur apparition, la forme et la structure qu'ils doivent toujours conserver. On peut donner une expression générale de ce fait, en disant que la forme s'ébauche et se dessine dès les premiers temps de l'évolution, et que la structure, condition essentielle du fonctionnement physiologique, ne se produit que beaucoup plus tard.

Dans cette première période, les phénomènes physiologiques diffèrent complètement de ce qu'ils seront ultérieurement. Il n'y a point alors de fonctions spécialisées. Tout se réduit à la vie des cellules primitives, vie dont les manifestations consistent essentiellement dans la production incessante de cellules nouvelles aux dépens des matériaux contenus dans les cellules préexistantes. Chacune de ces cellules vit de sa vie propre et peut, dans une certaine mesure, se passer de l'action de ses voisines; et, par conséquent, les différentes parties de l'organisme, presque entièrement indépendantes les unes des autres, ne

sang. En Allemagne, les globules du sang sont désignés sous le nom de *cellules du sang* (*Blutzellen*).

[1] *Ibid.*, p. 170.

[2] Schwann, *Mikroskopische Untersuchungen über die Ubereinstimmung in der Struktur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen*, p. 56 et suiv. de la traduction anglaise.



possèdent point cette solidarité qui caractérise l'âge adulte[1]. La vie de l'embryon animal reproduit alors très exactement celle des tissus cellulaires des plantes.

Cette phase de la vie embryonnaire, si intéressante au point de vue de l'évolution normale, est également intéressante au point de vue de l'évolution tératologique. En effet, tous les organes définitifs apparaissent dans des blastèmes cellulaires ébauchés pendant cette première période, les organes monstrueux comme les organes normaux. C'est donc à cette époque qu'il faut chercher l'origine des monstruosités, tout au moins l'origine des monstruosités graves, de celles qui affectent profondément l'organisme, puisque la cause tératogénique façonne d'avance les blastèmes dans lesquels se produiront les organes monstrueux.

§ 2[2].

Les causes modificatrices exercent leur action sur les blastèmes embryonnaires par des procédés différents. Le plus ordinairement, elles les arrêtent dans une des formes transitoires qu'ils traversent avant d'atteindre la forme définitive. Ce fait, que l'on désigne sous le nom d'*arrêt de développement* (en allemand *Hemmungsbildung*), a été signalé, depuis longtemps, par Meckel et par Geoffroy Saint-Hilaire. Mais ces deux grands physiologistes, qui n'avaient étudié les monstres qu'après leur formation, n'ont pu se rendre un compte exact de ce fait tératogénique. Mes recherches, entièrement fondées sur l'observation des monstres dont j'ai provoqué l'apparition dans mes expériences, et que j'ai pu, par conséquent, étudier dès leur origine, m'ont permis d'établir très nettement le mode d'action de l'arrêt de développement, et en même temps d'en constater la très grande généralité ; puisque ce fait est le point de départ de la plupart des anomalies et des monstruosités qui affectent les individus isolés. Je dois encore ajouter que l'arrêt de développement est, jusqu'à présent, le seul procédé tératogénique qu'il m'ait été possible d'obtenir dans mes expériences.

[1] Ce défaut de solidarité des diverses parties de l'organisme a une grande importance en tératogénie. Voir plus loin l'histoire des monstres omphalosites.

[2] Ce paragraphe est le développement d'une note adressée à l'Académie des sciences sous ce titre : *Sur l'arrêt de développement considéré comme la cause prochaine des monstruosités simples*, dans les *Comptes rendus*, t. LXIX, p. 963. 1869.



Les organes, dans l'embryon, apparaissent successivement; de plus, ils traversent un certain nombre de phases, avant d'acquérir leurs conditions définitives.

On a reconnu depuis longtemps que certains organes anomaux ou monstrueux ont une forme et une structure plus ou moins comparables à celles qui caractérisent certaines phases transitoires des mêmes organes chez l'embryon. Il était tout naturel d'en conclure que l'évolution de ces organes a été arrêtée dans l'un de ces états successifs. Mais on n'arriva à cette détermination que très lentement, et d'abord par la considération de faits isolés.

C'est ainsi que Harvey expliqua, mais très vaguement, le bec-de-lièvre par la permanence d'un état embryonnaire[1].

Plus tard, Haller et Wolff expliquèrent également, par la permanence d'un état embryonnaire, l'éventration, c'est-à-dire la hernie congénitale des viscères contenus dans la cavité thoraco-abdominale. Il est curieux de voir comment ces deux physiologistes, dont l'un admettait la doctrine de la préexistence des germes, tandis que l'autre la rejetait, arrivaient, par des voies différentes, à la même explication d'une même monstruosité. Haller ne voit dans cette monstruosité, que la permanence de la structure embryonnaire des parois thoraco-abdominales qu'il considère comme préformées; ou bien, lorsqu'elles font complètement défaut, il suppose qu'elles ont été détruites. Wolff explique cette monstruosité, comme nous le faisons aujourd'hui, par le défaut de formation des parois thoraco-abdominales[2].

[1] HARVEY, *Exercitationes de generatione animalium*, ex. 68.

« In omnibus fœtibus (etiam humanis) paulo ante partum, oris rictus, sine labiis et buccis, ad utramque aurem protentus cernitur. Eamdemque ob causam (nisi fallor) multi nascuntur cum labro superiori fisso (Angli *Hare lips*; id est, le porina labia habentes nominant : qualia scilicet lepori et camelo sunt), quia in fœtus humani formatione superiora labra tardissime coalescunt. » Cette explication est d'ailleurs très inexacte ; car, dans l'état normal, la lèvre supérieure est continue dès son apparition. Le bec-de-lièvre provient sans doute d'un arrêt de développement, mais d'une autre façon.

[2] Voici les paroles de HALLER : « Qui pulli in ovo incrementa contemplatur, is novit quam vasta in primordiis nascentis animalis hernia sit, per quam intestina in propriam vaginam exeunt, quæ eadem ad vitellum arterias venas et ductum intestinalem adducit.

« Novit idem, cor adeo nudo proximum esse, priusquam pectoris musculi et costæ subnascantur, ut a maximis viris pro nudo sit habitum etsi nobis etiam tum tenera membrana, ab amnio diversa, cordi prætendi videtur.

« Denique etiam cerebrum pulli valde convexa, nuda, tenera, absque osse membrana continetur, quod et ipsum pultis habet mollitiem.

« Ita intelligere videmus, ex pressione aliqua majori, sive uteri sive abdominis



Vers la fin du siècle dernier, un médecin célèbre de Munich, Autenrieth, entrevit la généralité du fait; il indiqua la possibilité d'expliquer un certain nombre de faits tératologiques par des arrêts de développement; mais tout ce qu'il a dit sur ce sujet se borne à quelques vagues indications[1].

En 1807, la question de l'arrêt de développement entra dans une phase nouvelle. Geoffroy Saint-Hilaire, qui avait entrepris de démontrer l'unité de composition organique des animaux vertébrés, cherchait à retrouver dans la tête des mammifères les pièces osseuses beaucoup plus nombreuses qui caractérisent celle des poissons. Il pensa qu'il y parviendrait en les comparant non pas aux os mêmes, mais aux points d'ossification. Il fallait donc comparer la tête osseuse des poissons à celle des fœtus de mammifères. « Ayant imaginé, disait-il, de compter autant d'os qu'il y a de centres d'ossification distincts, et ayant essayé de suite cette manière de faire, j'ai eu lieu d'apprécier la justesse de cette idée : les poissons, dans leur premier âge, étant dans les mêmes conditions, relativement à leur développement, que les fœtus de mammifères, la théorie n'offrait rien de contraire à cette supposition[2]. »

La doctrine de l'arrêt de développement entrait donc, par une application remarquable, dans la zoologie. Les différences qui existent entre les types normaux pouvaient s'expliquer, comme celles que l'on

sive ex majori mollitie mollissimorum velamentorum, quæ cedant vi viscera expandenti, fieri posse, ut nunquam ossea natura in pectore et in capite subnascatur, et ut dilatata, et demum rupta tenerrima tegumenta, a suis distenta visceribus, nuda porro in edito fetu adpareant, ut in primis rerum initiis nuda fuisse videbantur... » (*Opera minora. De monstris*, t. III, p. 136.)

Voici maintenant les paroles de Wolff:

« Patet ergo, in hoc monstro viribus naturæ, dum corpus construerent, impedimentum occurrisse, quominus inchoatum thoracem et abdomen perficere potuerint, adeoque structuram hanc opus naturæ imperfectum non in germine ex instituto præstabilitum esse.

« Nulla causa, si unquam cor thorace inclusum fuisset, hunc aperire, cor expellere et postea thoracem circa magna vasa cordis iterum claudere potuisset. Sed ex observatis, quorum supra mentionem feci, quibusque constat, thoracem similiter ut abdomen primo tempore in embryone apertum, lateribus successive productis tandem se claudere, mea quidem sententia, non incomprehensibile videtur, qui fieri potuerit, ut thorax, vel ob nimiam cordis magnitudinem, illud, dum se constrinxerit, non complexus sit, vel ob alias causas nimis cito, et priusquam latera ejus satis elongata fuissent, se constrinxerit adeoque cor omiserit. » (*De ortu monstrorum*, dans les *Nov. Comment. Ac. sc. petrop.*, t. XVII, p. 560.)

[1] AUTENRIETH, *Additamenta ad historiam embryonis*, p. 38. Tubingue, 1797.

[2] GEOFFROY SAINT-HILAIRE, *Considérations sur les pièces de la tête osseuse des animaux vertébrés;* dans les *Annales du Muséum*, t. X, p. 249. 1807.

observe dans les types anormaux, par des arrêts de développement. Il y avait là le germe d'une théorie générale qui devait s'appliquer à la tératologie comme à la zoologie normale. Nous la voyons formulée pour la première fois dans les *Archives de Reil*, en 1809[1]. Bientôt après, Meckel en fit l'application, en 1811, à la zoologie normale; en 1813, à la tératologie. En 1821, Geoffroy Saint-Hilaire chercha de son côté à expliquer un grand nombre de faits tératologiques par la permanence d'états embryonnaires. Depuis cette époque, cette notion est restée dans la tératogénie; mais elle n'est pas encore universellement acceptée[2]. Mes travaux en démontrent la parfaite exactitude, en même temps qu'ils lui donnent une généralité beaucoup plus grande qu'on ne le croyait d'abord.

[1] Voyez la thèse du Dr Philites, publiée, en 1809, dans les *Archives de Reil et d'Autenrieth*, sous ce titre : *Von dem Alter des Menschen überhaupt und des Marasmus senilis insbesondere.* Qu'est ce Dr Philites ? Je présume que cette thèse est l'œuvre d'Autenrieth, alors professeur à l'Université de Halle, et qui, suivant l'ancien usage des universités allemandes, aura publié ce travail sous le nom d'un de ses élèves ou même sous un pseudonyme. Ce qui me le fait supposer, c'est que le passage en question reproduit, mais d'une manière générale, les idées qu'Autenrieth avait indiquées douze ans plus tôt.

On trouve déjà un vague pressentiment de l'application de cette théorie à la zoologie dans la phrase suivante de Harvey, phrase dans laquelle l'illustre physiologiste s'était peut-être inspiré d'Aristote : « Sic natura perfecta et divina, nihil faciens frustra, nec cuipiam animali cor addidit, ubi non erat opus, neque, priusquam ejus esset usus, fecit; sed iisdem gradibus in formatione cujuscumque animalis, transiens per omnium animalium constitutiones (ut ita dicam, ovum, vermem, fœtum) perfectionem in singulis acquirit. » (*De motu cordis*, p. 164). Ces idées étaient également celles de Hunter, comme nous le savons d'après une publication que R. Owen a faite de certains manuscrits de ce grand chirurgien.

[2] Geoffroy Saint-Hilaire fit connaître, pour la première fois, ses idées sur l'arrêt de développement, comme fait tératogénique, dans un mémoire sur l'anencéphalie, lu à l'Académie des sciences le 19 mars 1821. Meckel, qui assistait à la séance, réclama la priorité de cette théorie, et Geoffroy Saint-Hilaire fit droit à sa réclamation. Voir la *Philosophie anatomique*, t. II, p. 153. Plus tard, en 1827, Meckel fit observer que l'arrêt de développement, tel que l'entendait Geoffroy Saint-Hilaire, n'était pas entièrement conforme à ce qu'il avait désigné sous ce nom, parce que Geoffroy Saint-Hilaire attribuait l'arrêt de développement à des causes extérieures, tandis que, pour lui, l'arrêt de développement résultait d'une condition inhérente à l'embryon lui-même. Geoffroy Saint-Hilaire répondit que Meckel faisait revivre la théorie de la préexistence des monstruosités, théorie absolument inconciliable avec l'arrêt de développement. En réalité, les deux adversaires ne se comprenaient pas. Meckel, pas plus que Wolff son maître, n'admettait l'existence de germes originairement monstrueux; mais il croyait, comme Wolff, que le germe est prédisposé à la monstruosité dès l'époque de la fécondation. On comprend donc comment il pouvait admettre l'arrêt de développement, mais en le faisant dériver d'une cause intérieure, tandis que Geoffroy Saint-Hilaire l'attribuait à une cause extérieure au germe. Voir à ce sujet l'Introduction, p. 26.

L'arrêt de développement consiste, je l'ai déjà dit, dans la permanence d'un état embryonnaire qui n'est ordinairement que transitoire. Mais ce fait biologique, essentiellement le même dans tous les cas, peut se produire cependant dans des conditions très différentes, et donner lieu, par conséquent, à des organisations très diverses. Nous pouvons en effet rattacher ses manifestations à trois causes distinctes: 1° un organe ne se forme point; c'est ce qu'Is. Geoffroy Saint-Hilaire appelle *arrêt de formation;* 2° un organe reste arrêté dans certaines conditions embryonnaires; il continue alors à s'accroître, mais il diffère plus ou moins notablement de ce qu'il est chez les êtres adultes de la même espèce; 3° un organe, qui n'est que transitoire pendant la vie embryonnaire, et qui doit disparaître à une certaine époque, persiste au delà de l'époque ordinaire de sa disparition, et souvent même pendant toute la vie.

On verra plus loin comment l'arrêt de développement réalise la plupart des fait particuliers de la tératologie, au moins chez les monstres simples. Pour le moment je dois l'étudier dans ses conditions les plus générales.

Le premier cas et le troisième ne présentent pas de dificultés.

Il est bien clair que l'absence totale d'un organe, même d'une région entière du corps, par exemple l'absence de la tête chez les Acéphales, s'explique tout naturellement par un défaut de formation, sans qu'il y ait là de difficultés théoriques [1].

La permanence d'organes embryonnaires pendant la vie extra-utérine ne présente pas plus de difficultés. Telle est, par exemple, la permanence du canal artériel après la naissance.

Mais il est plus difficile de concevoir comment l'arrêt de développement peut agir dans le second cas, c'est-à-dire lorsqu'un organe conserve certaines conditions embryonnaires. Il faut ici, de toute nécessité, faire intervenir la distinction des deux phases de la vie embryonnaire.

Pour bien faire comprendre, dans ces cas, le rôle de l'arrêt de développement, je citerai deux exemples : la fissure spinale et le bec-de-lièvre.

On sait que la moelle épinière et les vésicules encéphaliques qui

[1] Je sais bien que certains tératologistes, même à une époque récente, expliquent ces faits par la destruction de parties préexistantes. Voir par exemple Claudius, *Ueber die herzlosen Missgeburten*, Kiel, 1859, qui explique ainsi l'absence de la tête et, parfois, aussi d'autres organes chez les acéphales. Mais il faudrait, pour cela, admettre un nombre considérable d'hypothèses extrêmement invraisemblables, quand même l'observation directe ne ferait pas justice de cette théorie.



la terminent en avant se présentent d'abord sous la forme d'une gouttière occupant la ligne médiane du corps de l'embryon. Peu à peu la gouttière se transforme en un tube fermé. Lorsque les lames vertébrales osseuses apparaissent pour former l'enveloppe de la partie centrale du système nerveux, elles apparaissent d'emblée avec tous leurs caractères définitifs, par la transformation des blastèmes cellulaires qui forment ce que l'on appelle *les lames dorsales* et qui occupent les deux côtés de la gouttière. Il n'y a donc, dans l'évolution normale, aucune époque où les deux moitiés des lames vertébrales soient écartées l'une de l'autre, comme elles le sont dans la fissure spinale. Et cependant la fissure spinale résulte d'un arrêt de développement. Dans ce cas, la gouttière médullaire reste, partiellement ou totalement, à l'état de gouttière et ne se transforme point en un tube fermé. Alors les lames dorsales restent écartées l'une de l'autre, et lorsque les lames vertébrales osseuses se constituent dans leur intérieur, leurs moitiés restent séparées, tandis que, dans l'évolution normale, les deux moitiés sont unies dès leur apparition. L'arrêt de développement a donc exercé son influence lorsque les organes n'étaient encore constitués que par les cellules embryonnaires.

Il en est de même du bec-de-lièvre. Il n'y a pas d'époque de l'évolution normale où les lèvres soient divisées comme elles le sont dans cette anomalie. Mais s'il arrive que les deux blastèmes qui formeront la région intermaxillaire et la région maxillaire restent séparés, comme ils le sont toujours au début, les lèvres se constituent par segments isolés. Le bec-de-lièvre est donc, quoi qu'on en ait dit, un remarquable exemple de l'arrêt de développement[1].

Je me borne à citer ces deux faits, pour montrer comment on doit comprendre l'arrêt de développement dans le second cas, lorsqu'un organe ne dépasse pas une des phases qu'il traverse dans son évolution. Les détails que je donnerai plus tard, sur le mode de formation des diverses monstruosités simples, feront connaître le rôle de l'arrêt de développement dans leur production, et démontreront que ce rôle est beaucoup plus général que Meckel et Geoffroy Saint-Hilaire l'avaient pensé.

J'ai constaté, en effet, que l'arrêt de développement peut exercer son action non seulement sur l'embryon lui-même, mais aussi sur ses annexes. L'amnios, par exemple, est très fréquemment atteint par

[1] Voir la note A à la fin de la seconde partie.

l'arrêt de développement. Or l'arrêt de développement de l'amnios produit de très nombreuses monstruosités de l'embryon lui-même. J'ai pu démontrer ainsi la justesse d'une prévision d'Is. Geoffroy Saint-Hilaire qui, dans son *Traité de tératologie*, a émis le vœu suivant : « Quand donc comprendra-t-on généralement que, s'il est bon de décrire minutieusement les formes et de donner les mesures précises d'un être anomal, il serait cent fois plus utile de faire connaître avec exactitude ses connexions avec les membranes de l'œuf[1] ? »

Lorsque l'amnios s'arrête dans son développement, tandis que l'embryon continue à s'accroître, il comprime nécessairement les régions du corps de l'embryon sur lesquelles il est appliqué. Cette compression produit des effets très différents.

Tantôt elle produit un arrêt de développement. Ce fait est évidemment comparable à ceux que produisent les pressions dans l'ordre pathologique. Le développement des tumeurs a fréquemment pour résultat de déterminer l'atrophie des organes voisins. On a souvent cherché, en thérapeutique, à employer la compression pour déterminer l'atrophie et la résorption d'éléments morbides. Il y a cependant une différence importante entre l'atrophie qui caractérise l'arrêt de développement et celle d'un organe qui a atteint son état définitif. Dans le premier cas, il y a seulement défaut de formation des éléments histologiques; dans le second, ces éléments sont partiellement détruits et résorbés.

Dans d'autres cas, la compression exercée par l'amnios produit la déviation et le déplacement de certaines parties. Telles sont les diverses déviations congénitales de la colonne vertébrale et des membres.

Enfin, la compression exercée par l'amnios, mettant en contact des parties qui, dans l'état normal, doivent rester séparées, détermine la production d'adhérences qui tantôt sont irrégulières, et tantôt obéissent à la loi de l'union des parties similaires sur laquelle j'appellerai bientôt l'attention[2].

C'est donc un résultat tout à fait inattendu de mes recherches que la plupart des anomalies et des monstruosités simples, quelque diverses qu'elles soient, résultent d'un même fait initial, un arrêt de développement de l'embryon ou de ses annexes. On en trouvera la démonstration complète dans la suite de ce livre.

[1] Is. Geoffroy Saint-Hilaire, *Traité de tératologie*, t. III, p. 523.
[2] Voir les §§ 5 et 6.

§ 3.

L'arrêt de développement joue donc un rôle prépondérant dans la tératogénie. Mais le fait inverse ne peut-il pas se produire? L'évolution d'un organe, au lieu de s'arrêter en deçà de son terme normal, ne peut-elle pas le dépasser et aller au delà? En d'autres termes, l'anomalie n'est-elle pas, dans certaines circonstances, un excès et non un arrêt de développement?

Bien que mes expériences ne m'aient rien appris à ce sujet, je puis répondre à la question d'une manière affirmative. L'examen des anomaliesd es organes sexuels, que l'on désigne improprement sous le nom d'*hermaphrodismes*, en donne la preuve complète.

On n'a vu pendant longtemps, quand on a étudié les organes sexuels chez les mâles et les femelles d'une même espèce, que l'harmonie qui existe entre eux et qui est nécessaire pour l'accomplissement de leurs fonctions. Dans notre siècle on a reconnu que ces organes ont, entre eux, non seulement des rapports d'harmonie, mais encore des rapports d'analogie. Les différentes parties qui composent ces appareils sont essentiellement les mêmes au début; mais elles se développent inégalement suivant les sexes. Le clitoris est un pénis rudimentaire; la vésicule prostatique est un utérus rudimentaire. Or, s'il arrive que le clitoris et la vésicule prostatique dépassent le degré de développement qui constitue leur état normal, ils reproduisent plus ou moins complètement le pénis ou l'utérus. Dans ces anomalies, l'excès de développement de certaines parties se manifeste d'une manière bien évidente, par l'apparition, dans un sexe, de conditions qui appartiennent à l'autre sexe.

Je pense que cette explication peut s'appliquer à un nombre très considérable d'anomalies, lorsqu'elles font apparaître accidentellement, dans certains individus d'une espèce, des conformations organiques qui appartiennent normalement à des espèces différentes, tantôt voisines, et tantôt même assez éloignées. Telles sont les mamelles inguinales que l'on a rencontrées, de temps en temps, chez les femmes, et qui caractérisent la plupart des femelles de mammifères; telles sont les dents palatines, très rares chez l'homme, assez fréquentes, dit-on, chez le cheval, et qui existent, d'une manière normale, chez la plupart des reptiles et des poissons.

On a expliqué ces faits en disant que ces organes surnuméraires, existent virtuellement dans le type général du groupe auquel appar-

tiennent les individus qui les présentent. Sous l'action de causes inconnues, ces organes virtuels viendraient à se réaliser plus ou moins complètement. Darwin a reproduit cette explication sous une autre forme. D'après lui, les organes surnuméraires auraient existé, non pas virtuellement, mais réellement, dans les premiers ancêtres de chaque groupe naturel. Leur réapparition, après un nombre plus ou moins considérable de générations, ne serait, en réalité, qu'un fait d'atavisme.

Je crois qu'il est possible d'aller plus loin. Je me suis souvent demandé si les organes surnuméraires n'existeraient pas réellement et non virtuellement, pendant la vie embryonnaire, mais en ne dépassant pas une certaine phase de leur évolution. Entre les cellules homogènes qui constituent primitivement le blastème embryonnaire et les éléments histologiques définitifs des organes de l'animal adulte, il existe, le plus souvent, un certain nombre d'états intermédiaires sur lesquels nous ne possédons encore que des notions incomplètes. Tels sont, par exemple, le système osseux et le système musculaire. Je crois qu'il arrive fréquemment à certains éléments de ces systèmes de s'arrêter normalement dans une phase antérieure à celle de la formation des éléments histologiques définitifs, et, par suite, d'échapper plus ou moins complètement à l'observation. Or, si le développement continue en dépassant la période où il s'arrête normalement, ces excès de développement font apparaître des organes surnuméraires. Telle est, du moins, la manière dont je me rends compte de leur existence.

Prenons un exemple. Chez tous les Ruminants, à l'exception des Chevrotains, le péroné est réduit à la malléole externe. Dans les veaux anomaux que l'on connaît sous le nom de *veaux à tête de boule dogue* le péroné se développe souvent d'une manière complète[1]. J'ai la conviction que le péroné existe chez tous les veaux pendant une certaine époque de la vie embryonnaire, mais à l'état de blastème, et que la formation du cartilage et l'ossification ne se produisent que dans la partie inférieure de ce blastème, celle qui correspond à la malléole externe. La formation du cartilage et l'ossification occuperaient, au contraire, tout le blastème dans les veaux à tête de boule dogue.

Ces explications doivent évidemment s'étendre au système muscu-

[1] DARESTE, *Mémoire sur l'origine des races chez les animaux domestiques;* dans la *Bibliothèque des hautes études, section des sciences naturelles*, t. XXXVI, 1888. — Voir aussi DELPLANQUE, *Études tératologiques; les veaux à tête de chien ou niata*, 1885, *passim.*



laire, celui de tous qui présente peut-être le plus grand nombre de variétés individuelles et, par suite, de parties surnuméraires. Depuis Meckel, on a recueilli et décrit avec beaucoup de soin les anomalies musculaires, si fréquentes chez l'espèce humaine, en les comparant à la conformation normale d'autres animaux. Mais on n'a pas été plus loin[1]. Il serait plus intéressant d'étudier la formation du système musculaire. J'ai tout lieu de croire que l'on arrivera ainsi à constater l'existence de muscles qui, dans les conditions ordinaires, n'atteignent pas leur développement normal; et qui, lorsqu'ils éprouvent un excès de développement, prennent des fibres striées et se constituent comme des muscles surnuméraires. Tels seraient, par exemple, les muscles de l'oreille externe, et ceux des osselets de l'oreille, complètement développés chez les animaux, et qui ne deviennent contractiles chez l'homme que dans un petit nombre d'individus.

Il y a donc là un double travail à faire. Il faudrait d'abord constater l'existence, chez tous les individus d'une même espèce, des organes surnuméraires pendant la vie embryonnaire, chapitre d'embryogénie d'autant plus intéressant, que la formation du système musculaire est, encore actuellement, à peine connue. Il faudrait ensuite arriver, par la voie expérimentale, à produire ces excès de développement. Bien que je n'aie encore rien obtenu de pareil, j'ai la conviction, je l'ai dit déjà, qu'il est en notre pouvoir de produire directement tout ce qui peut résulter de la mise en jeu des causes naturelles[2].

C'est aussi à l'excès de développement que l'on doit attribuer des anomalies tout autres, celles qui résultent de l'augmentation du nombre des organes placés en série. Telle est, par exemple, la production des vertèbres surnuméraires. Mais alors l'excès de développement doit agir d'une tout autre façon. On ne peut pas supposer que ces

[1] Voir à ce sujet Meckel, dans son *Manuel d'anat. générale*, et son *Manuel d'anatomie pathologique*, *passim*. — Wood, *Proceeding of the royal Society of London*, t. V, p. 518. — Pozzi, *De la valeur des anomalies musculaires au point de vue de l'anthropologie zoologique*, dans les *Comptes rendus de la session de l'Assoc. franç. pour l'avancement des sciences*, p. 581. Lille, 1874. — Testut, *Les anomalies musculaires chez l'homme expliquées par l'anatomie comparée*, 1884, etc.

[2] Je dois faire remarquer ici que cette tentative d'expliquer par un excès de développement l'apparition, dans un individu d'une espèce, d'un caractère appartenant normalement à une autre espèce, ne peut pas cependant s'appliquer à tous les cas de ce genre. Ce fait, dans d'autres cas, tient évidemment à des arrêts de développement. Telle est, par exemple, la permanence de certains vaisseaux, artériels ou veineux, qui existent dans la vie embryonnaire, puis qui, dans l'état normal, disparaissent plus tard.



organes surnuméraires existeraient à l'état de vestiges ou de rudiments à une certaine époque de la vie embryonnaire. Mais voici très probablement comment nous pouvons nous en rendre compte. La segmentation des lames dorsales, qui a pour résultat la formation des protovertèbres, ne se fait pas simultanément dans toute l'étendue de ces lames, mais elle se propage d'avant en arrière. On peut très bien admettre que cette segmentation ne se fasse pas toujours de la même manière et qu'elle puisse, dans certains cas, produire une ou même plusieurs protovertèbres surnuméraires. Il y aura, dans ce cas, formation de parties nouvelles; puisque c'est aux dépens des protovertèbres que se produisent les muscles du tronc, les ganglions des nerfs spinaux et les vertèbres définitives.

L'étude de ces questions doit être ajournée à l'époque où ces anomalies pourront être produites artificiellement.

§ 4.

L'arrêt et l'excès de développement sont-ils les seules modifications qu'un organe peut éprouver. Et n'est-il pas possible de concevoir qu'un blastème embryonnaire puisse, dans son évolution, acquérir une forme et une structure complètement différentes de celles qu'il présente dans l'état normal ?

Cette question s'impose à nous par l'étude de la tératogénie végétale où la transformation des organes, et particulièrement des organes appendiculaires, les uns dans les autres, est peut-être la cause la plus fréquente des monstruosités.

S'il est un fait bien établi en organographie végétale, c'est que tous les organes appendiculaires, feuilles, bractées, sépales, pétales, étamines, carpelles, quelque variées que soient leurs formes et leurs fonctions, proviennent de la même organisation fondamentale. Linné avait dit *Principium florum et foliorum idem est.* Wolff, puis Gœthe, ont donné la démonstration complète de cet aphorisme. Ils ont montré que dans les plantes sauvages, et surtout dans les plantes cultivées, on voit parfois certains organes se développer à la place que devaient occuper des organes d'une nature tout à fait différente. Telle est, par exemple, la production des fleurs doubles qui résultent de l'apparition des pétales à la place des étamines.

Il semblerait, au premier abord, que rien de pareil ne peut se produire dans l'animalité. Toutefois un fait de ce genre a été décrit, en

1864, par M. Alph. Milne-Edwards. Dans une espèce de Langouste (*Palinurus penicillatus*), l'œil gauche était conformé d'une manière normale, tandis que l'œil droit, très anormal, était transformé partiellement en une antenne[1].

Ce fait, actuellement unique, a cependant une grande importance au point de vue de la tératogénie; il prouve que la métamorphose, prise au sens que les botanistes donnent à ce mot, peut se produire chez les animaux comme chez les plantes. Il est probable que l'on trouvera de nouveaux faits du même genre, si l'on examine à ce point de vue les organes appendiculaires des animaux articulés. Ces organes, quelle que soit d'ailleurs leur forme définitive, ont tous, au début, la même origine; et ce n'est que plus tard qu'ils deviennent antennes, pédoncules oculaires, mâchoires ou pattes, exactement comme les appendices des végétaux donnent naissance aux feuilles, bractées, sépales, pétales, étamines et carpelles. Il est donc tout naturel d'admettre que ces appendices, constitués de la même façon dans leur état primitif, n'ont pas une destinée absolument fixe, et qu'ils pourraient produire des organes définitifs autres que ceux qu'ils produisent dans l'état normal.

Les animaux vertébrés n'ont présenté aucun fait de ce genre. Toutefois nous ne pouvons pas en nier absolument la possibilité. Chez ces animaux, les membres antérieurs et les membres postérieurs présentent souvent de très grandes différences. Quoi de plus dissemblable, au premier abord, que l'aile et la patte d'un oiseau? Et cependant, quand on les compare à leur origine, elles présentent exactement la même forme et la même structure. Ne pourrait-il se faire que, sous certaines influences, le membre supérieur se rapprochât un peu du membre postérieur, et le membre inférieur du membre supérieur? Il y a dans la science quelques faits de ce genre.

Meckel, en étudiant les anomalies musculaires, a constaté que les anomalies des muscles du membre supérieur tendent souvent à reproduire les anomalies du membre inférieur; et que le fait inverse se produit dans les anomalies du membre inférieur.

[1] ALPH. MILNE-EDWARDS, *Sur un cas de transformation du pédoncule oculaire en une antenne, observée chez une langouste;* dans les *Comptes rendus*, t. LIX, p. 711. 1864. « L'anneau ophtalmique porte, à la place de l'œil, un filament multiarticulé, semblable en tout à la tige terminale d'une antenne. Le pédoncule oculaire a conservé, dans sa partie basilaire, sa forme ordinaire; on voit même à son extrémité une cornée rudimentaire du centre de laquelle naît la tigelle, dont la longueur est d'environ 0m, 01. »



D'autre part, Darwin a montré que si l'on examine les plumes des pattes, dans les races de pigeons et de poules à pattes emplumées, on voit fréquemment les plumes des doigts extérieurs transformées en véritables rémiges et simulant de petites ailes.

Assurément il y a loin de ces faits à la métamorphose complète d'un membre inférieur en membre supérieur. J'ai cru toutefois devoir les mentionner, parce qu'ils nous indiquent une tendance de l'organisme. Dans l'état actuellement si imparfait de nos connaissances tératogéniques, nous ne pouvons pas établir d'une manière définitive les limites du possible.

§ 5.

La tératologie présente assez fréquemment la soudure de deux parties qui, dans l'état normal, sont complètement séparées.

La propriété que possèdent les tissus embryonnaires de s'unir entre eux et de contracter des adhérences est une propriété que l'on rencontre chez les plantes comme chez les animaux. On connaît le phénomène de la greffe, qui se produit spontanément dans les greffes naturelles, et que l'horticulture utilise depuis un temps immémorial. On a beaucoup discuté sur sa véritable nature. Les belles recherches de Decaisne nous ont appris que la condition physiologique de la soudure de deux parties distinctes, dans la greffe, consiste dans la production d'un tissu cellulaire particulier, tout à fait comparable au tissu générateur qui précède toujours, dans les organes en voie de formation, la production des éléments définitifs, c'est-à-dire des vaisseaux et des fibres ligneuses [1].

La physiologie animale présente des faits tout semblables. La production des adhérences est très fréquente en pathologie, qu'il s'agisse d'adhérences purement morbides, comme celles qui produisent les fausses membranes des membranes séreuses; ou d'adhérences restauratrices, comme la cicatrisation et la formation du cal. Les greffes animales, dont on s'est tant occupé dans ces derniers temps, prouvent que la faculté que possèdent certaines parties de s'unir entre elles est bien plus étendue qu'on ne le croirait au premier abord.

Or les travaux des micrographes modernes nous ont appris un fait très remarquable; c'est que, toutes les fois qu'il se produit des adhé-

[1] Decaisne, *Premier mémoire sur les greffes; de la greffe herbacée*, dans les *Comptes rendus*, t. XXIV, p. 599. 1847.



rences, elles résultent toujours de la formation d'un tissu nouveau, interposé entre les parties qui s'unissent, et essentiellement composé d'éléments comparables aux cellules embryonnaires. Je laisse aux pathologistes le soin d'expliquer comment ces cellules apparaissent dans des parties qui ont depuis longtemps perdu leur texture primitive, et comment elles s'unissent entre elles pour constituer des adhérences. Je me borne à signaler ce fait, que la tendance à l'union paraît être une propriété toute spéciale des tissus qui caractérisent essentiellement la première période de la vie, et qui, plus tard, n'apparaissent plus qu'accidentellement, sous l'influence de certains états morbides, des phlegmasies, par exemple.

On comprend donc facilement que, pendant la première période de la vie embryonnaire, deux parties distinctes, accidentellement en contact, s'unissent l'une à l'autre. Aussi le fait des adhérences, soit entre l'embryon et ses annexes, soit entre les différentes parties d'un même embryon, est-il fréquent en tératologie.

Les adhérences de l'embryon avec certaines de ses annexes se produisent dans bien des cas assez régulièrement pour qu'on leur ait, à une certaine époque, attribué un rôle considérable en tératogénie.

En 1822, Geoffroy Saint-Hilaire, décrivant un monstre humain qu'il désignait sous le nom d'*hyperencéphale*, constata l'existence de brides membraneuses unissant l'encéphale situé hors des parois de la tête au placenta ; il reconnut également de petits appendices membraniformes autour du cœur, et pensa que ces appendices pourraient être des restes de brides d'adhérences qui auraient été détruites. Geoffroy Saint-Hilaire considéra ces adhérences comme étant le point de départ des anomalies qui caractérisaient le monstre en question, ou, comme il le disait, *l'ordonnée et l'unique cause de la monstruosité*. Il développa cette théorie dans un chapitre de la *Philosophie anatomique*[1], et il y revint ensuite à diverses reprises. C'est ainsi qu'il décrivit en 1827 un poulet, dans lequel la tête était adhérente au jaune. « Des adhérences, disait-il, joignaient la tête au vitellus. La tête était ainsi attachée par sa région cranienne et les tiraillements de ses brides la tenaient couchée sur le flanc gauche. Une production de forme cylindrique, consistant en une peau unie et rougeâtre, de 2 lignes de diamètre et de 6 de longueur, servait de lien. Le jaune, un peu avant et après la naissance, par suite de l'absorption de son liquide, pénétrait de plus en plus dans le ventre,

[1] Geoffroy Saint-Hilaire, *Philosophie anatomique*, p. 203 et 507.

et approchait graduellement de celui-ci la tête qu'il traînait après lui, rendant de plus en plus pénible la situation de l'animal [1]. »

J'ai eu souvent occasion de constater l'existence de semblables adhérences. Tout à fait au début de mes études tératogéniques, le premier embryon qui m'ait présenté, d'une manière incontestable, une monstruosité produite artificiellement, était un hyperencéphale entièrement comparable, au moins par la conformation de la tête, à l'hyperencéphale de Geoffroy Saint-Hilaire. La tumeur encéphalique était unie par une bride à l'allantoïde [2]. Je n'ai pas rencontré, depuis cette époque, de nouveaux faits de ce genre. Mais j'ai vu plusieurs fois des adhérences entre l'enveloppe du jaune et l'amnios, et aussi entre l'enveloppe du jaune et certains viscères, le cœur par exemple. Pour comprendre le mécanisme de ces adhérences, il faut se rappeler que la membrane vitelline, membrane parfaitement anhiste et dépourvue de toute vitalité, se déchire à un certain moment et se détache complètement du jaune qu'elle revêt avant l'incubation. Le jaune est alors enfermé dans une seconde enveloppe formée par le blastoderme. On comprend, dès lors, comment toutes ces parties qui sont composées de cellules embryonnaires peuvent s'unir entre elles, et rester attachées par des brides d'adhérences.

L'existence de ces adhérences rappelle incontestablement les fausses membranes qui se produisent dans les cavités des membranes séreuses, comme conséquence des phlegmasies. Toutefois cette analogie n'est pas complète. En effet, dans l'état adulte, l'état phlegmasique qui détermine la production de ces formations nouvelles, est toujours

[1] Geoffroy Saint-Hilaire, *Des adhérences de l'extérieur du fœtus considérées comme le principal fait occasionnel de la monstruosité*, dans les *Archives générales de médecine*, t. XIII, p. 392. 1825. J'ai moi-même observé un fait analogue dans un embryon de casoar qui n'avait pu éclore. Dareste, *Note sur l'adhérence d'une tumeur encéphalique avec le jaune chez un casoar*, dans le *Journal de l'anatomie et de la physiologie*, de Robin et Pouchet, 1883.

[2] Dareste, *Note sur l'histoire de plusieurs monstres hyperencéphaliens observés chez le poulet*, dans les *Ann. des sc. nat.*, 3e série, Zool., t. XIII, p. 337.

L'observation de Geoffroy Saint-Hilaire est incomplète, car il ne parle pas des rapports de la bride qu'il avait observée avec l'amnios. Moi-même je n'ai pas signalé ces rapports dans le travail que j'ai publié il y a vingt-neuf ans. Je ne me rendais pas alors un compte exact de toutes les conditions qui concourent à la production des monstruosités, et j'ai complètement négligé l'étude de l'amnios. Or, de deux choses l'une, ou l'amnios manquait au moins partiellement, ou bien il était soudé avec la tumeur encéphalique d'une part, et l'allantoïde de l'autre. Le dernier fait me paraît le plus probable.

déterminé par une modification locale de la circulation. Au contraire, les adhérences qui se produisent chez l'embryon se produisent dans des organes qui ne reçoivent point de sang, comme l'amnios, ou du moins qui ne possèdent qu'un réseau très peu abondant de vaisseaux capillaires. Je sais bien que, dans ces derniers temps, et particulièrement depuis les travaux de Virchow sur la pathologie cellulaire, les histologistes ont été conduits à considérer la prolifération des cellules comme le fait essentiel de la phlegmasie, et à ne considérer les modifications de la circulation que comme des phénomènes accessoires. Mais, quoi qu'il en soit, il est bien évident que les faits de l'union présentent une différence marquée suivant les conditions où on les observe.

L'existence de ces brides d'adhérences est assurément un fait très intéressant, puisqu'on les rencontre très fréquemment dans les cas de célosomie et d'exencéphalie. Mais on ne les rencontre que dans ces types particuliers; elles font généralement défaut dans les autres. Elles ne sont donc point, comme Geoffroy Saint-Hilaire l'a pensé à une certaine époque, *l'ordonnée et l'unique cause de la monstruosité;* et même, lorsqu'elles existent, elles ne sont bien évidemment que des faits consécutifs. Toutefois, il n'est pas impossible qu'elles puissent contribuer à entraver l'évolution des organes, et devenir ainsi, dans certains cas, le point de départ de modifications nouvelles. Mais, même alors, leur rôle est tout à fait secondaire.

En dehors de ces faits d'adhérences restreintes, assez constants dans certains types monstrueux, j'ai observé des adhérences beaucoup plus considérables, existant entre des régions plus ou moins étendues du même embryon. Ces adhérences, évidemment postérieures à la formation des organes, ne sont pas, à proprement parler, de véritables monstruosités, et ne peuvent se rattacher à aucun type tératologique défini. Mais elles constituent de remarquables anomalies.

Telle est par exemple l'union de l'occiput avec le sacrum, que l'on observe dans le squelette d'un fœtus humain, conservé au Musée Dupuytren.

Telles sont également les adhérences multiples d'un agneau mort-né dont je dois la connaissance à M. G. Pouchet. Tous les segments des membres postérieurs étaient soudés entre eux. Il en était de même pour les membres antérieurs, qui étaient de plus soudés avec la poitrine et avec la tête [1].

[1] Voir la note B.

J'ai expliqué ces faits, depuis longtemps, en admettant l'action d'une pression qui aurait maintenu, d'une manière anomale, certaines parties en contact. J'ai attribué cette pression à l'amnios qui, par suite d'un arrêt de développement, serait resté appliqué sur l'embryon au lieu de s'en écarter par l'interposition du liquide amniotique. Un fait que j'ai observé m'a donné la vérification complète de cette hypothèse. C'était encore un agneau mort-né, qui m'avait été également confié par M. G. Pouchet, et qui présentait, comme le précédent, des adhérences insolites entre diverses régions du corps. Mais ce qu'il y avait de plus remarquable, c'est que l'amnios en grande partie soudé avec le corps était la cause indéniable de la compression[1].

Ces adhérences échappent ordinairement à toute règle. Elles peuvent, cependant, dans certains cas, se produire de la même façon et entre les mêmes parties. C'est ce que l'on observe dans la production de certains types de la monstruosité double. Telle est, par exemple, l'union des têtes chez les Céphalopages et chez les Epicomes, union qui échappe complètement à la loi de l'union des parties similaires[2].

§ 6.

Il n'y a, dans toutes les adhérences que je viens de décrire, que des faits superficiels. Deux parties, séparées dans l'état normal, et accidentellement appliquées l'une contre l'autre, se soudent entre elles; mais leur soudure n'entraîne point de modifications dans leur structure.

A côté de ces unions superficielles, la tératologie nous offre des unions profondes, c'est-à-dire dans lesquelles les parties soudées entre elles sont profondément modifiées dans leur forme et leur structure. Comment comprendre ces faits, dans lesquels l'adhérence de

[1] Voir la note C.

[2] Joly a décrit un céphalopage dans lequel l'union des têtes se ferait en vertu de la loi de l'union des parties similaires, c'est-à-dire que les visages et les corps de ces enfants, loin d'être placés en sens inverse (c'est-à-dire tournés l'un vers le ciel et l'autre vers la terre) étaient tournés dans le même sens. Joly tire de ce fait la nécessité de supprimer dans le caractéristique de ce type les mots *têtes placées en sens inverse*. Je ne puis partager cette opinion, car j'ai la conviction que l'un de ces enfants devait présenter une inversion de viscères, tandis que dans les cas ordinaires de céphalopagie les viscères des deux sujets sont normaux, ou bien ils sont tous les deux inverses. Le fait de M. Joly est donc un type nouveau. Voir les *Mémoires de l'Académie de Toulouse*, 1865, p. 50.

deux parties se complique de la pénétration ou de la fusion des organes qu'elles contiennent?

Ces faits se rencontrent quelquefois dans les monstres simples. Ils forment le caractère essentiel de l'organisation des monstres doubles[1], c'est-à-dire des monstres qui résultent de l'union des éléments de deux embryons; et, par conséquent, leur mode de production est l'un des problèmes les plus importants de la tératogénie.

Geoffroy Saint-Hilaire, dès ses premières études sur les monstres doubles, constata que, dans ces étranges organisations, les deux sujets composants sont presque toujours unis par les faces similaires de leur corps et par leurs organes homologues[2]. Il y a là une loi générale qui régit toute l'organisation des monstres doubles, loi qui est la condition nécessaire de leur répartition en types distincts. On l'appelle *loi d'union des parties similaires*. La découverte de cette loi est l'un des faits les plus importants de l'histoire de la tératogénie[3].

D'où vient ce fait? Et comment peut-on l'expliquer? Geoffroy Saint-Hilaire supposa que toutes les parties homologues auraient une tendance à s'unir, tendance qu'il désigna sous le nom d'*attraction* ou d'*affinité de soi pour soi*. Ici, comme dans sa théorie de l'arrêt de développement, Geoffroy Saint-Hilaire avait entrevu la vérité, mais il n'avait fait que de l'entrevoir, parce qu'il étudiait les monstres doubles après et non pendant leur formation. Or, si l'on cherche à appliquer la théorie de Geoffroy Saint-Hilaire, telle qu'il l'a formulée, à l'explication des différents types de la monstruosité double, on se trouve en présence de difficultés inextricables.

Il y a des monstres doubles, qui sont simples supérieurement et doubles inférieurement; d'autres qui sont doubles supérieurement, simples inférieurement; d'autres enfin qui, simples dans la région moyenne, sont doubles supérieurement et inférieurement.

Dans la théorie de Geoffroy Saint-Hilaire, il faut admettre que deux embryons primitivement complets, et pourvus de tous leurs organes,

[1] Il est clair qu'en parlant ainsi, je me prononce sur une question encore aujourd'hui fort controversée, celle de la dualité ou de l'unité primitive des monstres doubles. Ce n'est pas ici le moment de faire connaître les motifs de ma conviction à cet égard ; je les développe dans un autre chapitre.

[2] GEOFFROY SAINT-HILAIRE, *Considérations zootomiques et physiologiques sur des veaux bicéphales nommés hypognathes ;* dans les *Mémoires du Muséum*, t. XIII, p. 93. 1885.

[3] Cette loi avait été entrevue, mais d'une manière très vague, par MAUPERTUIS. Voir, dans la *Vénus physique*, le chapitre XVII, qui a pour titre: *Conjectures sur la formation du fœtus.*

auraient été appliqués l'un contre l'autre en certains points de leur corps; que toutes les parties en contact auraient été détruites par moitié dans chacun des embryons; puis que les parties restantes se seraient soudées en obéissant à la loi de l'union des parties similaires.

Il y a des monstres doubles dans lesquels l'organisation est encore beaucoup plus complexe, bien que toujours régulière. Ce sont les monstres chez lesquels un nombre plus ou moins considérable d'organes appartient par moitié à chacun des sujets composants. Tels sont les deux sternums dans les monstres à double poitrine, les deux cœurs dans les monstres à double poitrine et à têtes réunies, les deux arcades pubiennes dans les monstres à double bassin, etc.

Dans la théorie de Geoffroy Saint-Hilaire, il faut admettre que chacun de ces organes se serait, à un certain moment, partagé en deux moitiés, et que chacune de ces moitiés d'organes aurait abandonné la moitié à laquelle elle était primitivement associée, pour venir s'unir à une moitié de l'organe homologue appartenant à l'autre sujet.

La théorie de Geoffroy Saint-Hilaire, telle du moins qu'il l'a présentée, implique donc un ensemble d'hypothèses absolument invraisemblables. On comprend qu'elle n'ait pas encore entraîné la conviction des tératologistes. Mais cela résulte uniquement de ce que Geoffroy Saint-Hilaire ne connaissait pas la distinction des deux périodes de la vie embryonnaire. Si l'on admet, et il faut bien l'admettre, car c'est au moins, dans bien des cas, un résultat de l'observation, que l'union profonde des deux sujets composants d'un monstre double ne peut se produire que pendant la période où l'embryon n'est encore constitué que par des cellules homogènes, on voit toutes les difficultés disparaître plus ou moins complètement.

En effet, si deux régions homologues de deux embryons distincts, ou même d'un seul embryon pendant cette première période de la vie [1], se trouvent en contact, par une cause quelconque, elles adhèrent et s'unissent entre elles, par le mécanisme physiologique que je viens de faire connaître. C'est seulement après la formation de ces unions anormales que se produisent les éléments histologiques définitifs, et par suite les organes tératologiques. Ils apparaissent d'emblée avec tous leurs caractères; en d'autres termes, ils *naissent soudés*, suivant une expression que j'ai souvent employée, expression qui peut sembler étrange, mais qui rend exactement compte du fait physiologique.

[1] Tels sont, par exemple, l'œil unique des Cyclopes, et les membres postérieurs des monstres syméliens.



Je n'irai pas plus loin. Lorsque je ferai connaître, en me fondant sur mes observations, le mode de production des différents types de la monstruosité double, j'indiquerai tous les faits qui démontrent cette proposition générale. Pour le moment, je me contente de rappeler que l'évolution normale présente des faits analogues et qui nous expliquent ce qui se passe dans l'évolution anormale. Les organes impairs et symétriques qui existent sur la ligne médiane apparaissent presque toujours d'emblée, avec tous leurs caractères, dans des blastèmes cellulaires primitivement séparés, et qui, à un certain moment, sont venus se conjoindre [1]. Telle est la partie supérieure de la colonne vertébrale ; telles sont les parois thoraco-abdominales ; tel est le cœur, comme je l'ai découvert. Or, s'il arrive, par le fait d'un arrêt de développement, que les blastèmes cellulaires qui devaient s'unir restent écartés l'un de l'autre, les organes définitifs s'y constituent isolément. C'est ce qui arrive dans la fissure spinale, les différentes formes de la célosomie ; c'est ce qui arrive également dans la dualité permanente du cœur.

[1] Il y a pourtant une exception à cette règle : la corde dorsale qui occupe l'axe du corps est unique dès son origine.

CHAPITRE II

TYPES TÉRATOLOGIQUES[1]

Sommaire : 1° Existence de types tératologiques. — 2° Conditions de la répétition des mêmes types dans les individus d'une même espèce. — 3° Conditions de la répétition des mêmes types dans les individus d'un même embranchement. — 4° Indication de la répartition des types tératologiques dans les différents groupes de l'embranchement des vertébrés.

§ 1.

Les anomalies simples, c'est-à-dire les variétés et les vices de conformation, se répètent chez les individus qui en sont affectés, avec des caractères tellement semblables, qu'elles ont été désignées par des appellations communes dans le langage des physiologistes, et souvent aussi dans le langage ordinaire. Il y a, par exemple, dans toutes les langues, des expressions telles que le *bec-de-lièvre* ou le *pied bot.*

Mais les véritables monstruosités, c'est-à-dire les organisations qui résultent de la réunion et de la combinaison, sur le même sujet, de plusieurs anomalies, n'ont été considérées pendant longtemps que comme des faits individuels. C'est ce que l'on voit dans les anciens tératologistes, qui décrivent souvent avec des détails minutieux l'organisation des monstres, qui rédigent des *observations*, comme on le dit dans la littérature médicale, mais qui ne sortent pas du fait particulier pour s'élever à des notions générales.

E. Geoffroy Saint-Hilaire, dès le début de ses recherches sur les monstres, reconnut que les mêmes monstruosités peuvent se répéter sur les individus d'une même espèce, et aussi sur des individus appartenant

[1] Ce chapitre est le développement d'un travail que j'ai présenté à l'Académie des sciences en 1869, sous ce titre : *Sur la notion du type en tératologie et sur la répartition des types monstrueux dans l'embranchement des animaux vertébrés.* Voir les *Comptes rendus*, t. LXII, p. 603.

à des espèces, à des genres, parfois même à des classes différentes. Il constata ainsi l'existence de *genres* tératologiques, contenant un certain nombre d'*espèces*, c'est-à-dire de faits individuels [1]. La création de la tératologie comme branche spéciale des sciences biologiques tient précisément à la constatation de ce fait, qui a démontré l'existence de la règle là où précédemment on n'apercevait que l'irrégularité la plus complète et l'absence de toute loi.

Le premier problème de la tératologie, comme d'ailleurs celui de l'histoire naturelle des êtres normaux, consistait donc dans l'établissement de ces genres ou, pour parler plus exactement, de ces *types* [2].

[1] E. GEOFFROY SAINT-HILAIRE, *Mémoire sur plusieurs déformations du crâne de l'homme, suivi d'un Essai de classification des monstres acéphales*, lu à l'Académie des sciences en octobre 1820, dans les *Mémoires du Muséum*, t. VII, p. 85. 1821. — *Considérations d'où sont déduites des règles pour l'observation des monstres et pour leur classification*, lues à l'Académie des sciences, le 17 avril 1821, dans les *Archives générales des sciences physiques de Bruxelles*, t. VIII, p. 74. 1821. —Ces deux mémoires ont été réimprimés dans le tome II de la *Philosophie anatomique*.

[2] Dans ce chapitre, comme dans tout ce livre, j'emploie le mot *type* pour désigner ce que les deux Geoffroy Saint-Hilaire ont le plus ordinairement appelé *genre*. Toutefois Is. Geoffroy Saint-Hilaire avait déjà, dans plusieurs circonstances employé le mot *type*.

Je crois devoir agir ainsi pour éviter toute confusion d'idées. En effet, les termes de *genre* (γένος) et d'*espèce* (εἶδος) ont, dans la langue des philosophes, une acception assez différente de celle qu'ils ont actuellement dans la langue des naturalistes. Ils expriment seulement une différence d'extension entre deux idées générales. Ainsi, quand on compare les figures géométriques, les polygones forment un *genre*, dont le triangle, le quadrilatère, le pentagone, etc., sont les *espèces*. Il en résulte que la même notion peut être, suivant le point de vue où l'on se place, tantôt générique et tantôt spécifique. Le quadrilatère est espèce par rapport au polygone, genre par rapport au rectangle.

Cette notion du *genre* et de l'*espèce* a régné d'abord dans les sciences naturelles comme dans toutes les autres sciences. Ce n'est qu'à la fin du dix-septième siècle que Ray et Tournefort la particularisèrent, si l'on peut parler ainsi. L'*espèce* devint pour eux la collection des êtres vivants qui se transmettent par voie de génération un ensemble de caractères ; le *genre*, une collection d'espèces semblables. Voir, à ce sujet, Is. GEOFFROY SAINT-HILAIRE, *Histoire naturelle générale*, t. II, liv. II, chap. V.

Le *genre* des tératologistes, collection d'individus présentant les mêmes faits tératologiques, n'est donc pas la même chose que le *genre* des naturalistes, collection d'espèces semblables, mais c'est le *genre* des philosophes. Toutes les objections que l'on a opposées, que l'on oppose encore à la classification tératologique des deux Geoffroy Saint-Hilaire, tiennent uniquement à ce que l'on a confondu ces deux acceptions d'un même mot.

Le mot *type* a l'avantage de ne se prêter à aucune équivoque.

Il a d'ailleurs été employé en tératologie par Is. Geoffroy Saint-Hilaire comme synonyme de *genre*. Seulement l'auteur du *Traité de tératologie* emploie le mot *type* lorsqu'il parle d'une forme quelconque de la monstruosité considérée en elle-même ; le mot *genre*, lorsqu'il compare cette forme de la monstruosité avec



E. Geoffroy Saint-Hilaire commença ce travail; Is. Geoffroy Saint-Hilaire le termina. Dans son célèbre ouvrage sur la tératologie, ce dernier détermina et décrivit les types de toutes les anomalies et de toutes les monstruosités qu'il connaissait par ses observations personnelles, ou dont il trouvait l'indication dans les recueils scientifiques. Ce livre, non moins remarquable par l'immense érudition que par l'esprit philosophique de son auteur, sera toujours le point de départ de tout travail scientifique sur la tératologie.

Is. Geoffroy Saint-Hilaire, après avoir dressé cette liste, annonçait que la découverte d'un type tératologique nouveau serait un événement excessivement rare[1]. Cette prévision s'est réalisée. Depuis la publication du *Traité de tératologie*, il y a plus de cinquante ans, on n'a décrit qu'un très petit nombre de types tératologiques nouveaux. Et encore est-il possible que l'établissement de plusieurs de ces types ne soit pas suffisamment justifié; car plusieurs d'entre eux ne paraissent pas s'écarter notablement des types déterminés par l'illustre naturaliste[2].

Mes recherches expérimentales faites sur l'embryon de la poule confirment de la manière la plus complète les idées de Geoffroy Saint-Hilaire sur la limitation du nombre des types tératologiques : elles leur donnent en outre une très grande extension.

Les monstruosités simples dont j'ai provoqué l'apparition dans mes expériences, les monstruosités doubles que j'ai parfois rencontrées, reproduisent, à très peu d'exceptions près[3], les types décrits dans

les autres formes, et qu'il la considère comme un degré de la classification. C'est ainsi qu'il a écrit un chapitre qui a pour titre : *Des limites des anomalies et de leur réduction à un nombre déterminé de types*, et qu'il met dans ce chapitre un paragraphe ayant pour titre : *De la réduction des anomalies à un nombre limité de familles et de genres.*

[1] Is. Geoffroy Saint-Hilaire, *Traité de tératologie*, t. III, p. 433.

[2] Je me contente d'exprimer ce doute sans en donner les motifs. Je dois me borner, dans ce livre, à l'étude des lois de la formation des monstres, et je laisse de côté les études purement tératologiques.

[3] Je n'ai rencontré, dans mes expériences, qu'un seul type tératologique entièrement nouveau, type que je décris sous le nom d'*omphalocéphalie*. Si ce type, dont la formation est très fréquente, n'a pas encore été signalé chez les mammifères et chez l'homme, cela tient peut-être à ce que les embryons qui le présentent sont condamnés à une mort très précoce, car je ne vois aucun motif pour qu'il ne puisse se produire chez les mammifères comme chez les oiseaux.

J'ai rencontré aussi très fréquemment une anomalie remarquable, la dualité du cœur, anomalie dont l'existence a été contestée. Il est curieux de voir que cette anomalie a été signalée à différentes reprises, et particulièrement chez les oiseaux, où même on l'aurait observée à l'âge adulte. Is. Geoffroy Saint-Hilaire, qui

le *Traité de tératologie;* elles viennent par conséquent prendre leur place dans des cadres préparés d'avance. Fait d'autant plus remarquable qu'Is. Geoffroy Saint-Hilaire ne connaissait, par ses observations personnelles, ou par les descriptions contenues dans les recueils scientifiques, qu'un nombre très restreint de monstruosités chez les oiseaux. Presque toutes les monstruosités qu'il a décrites, et qui lui ont fourni les éléments de son livre, appartenaient à l'espèce humaine ou à la classe des mammifères, particulièrement aux mammifères domestiques.

Si la fréquence des monstres chez les oiseaux a échappé jusqu'à présent aux personnes qui se sont, avant moi, occupées de tératologie, cela résulte, je m'en suis assuré, des conditions différentes de la vie et de la mort des êtres monstrueux suivant les classes où on les observe.

Chez l'homme et les mammifères à placenta, l'embryon monstrueux, qui vit dans la cavité utérine d'une vie d'emprunt, peut arriver vivant jusqu'à l'époque de la naissance. Chez les oiseaux, au contraire, l'embryon monstrueux, qui doit trouver dans l'œuf toutes les conditions nécessaires à son existence, périt presque toujours, d'une manière fatale, plus ou moins longtemps avant l'éclosion. Je ferai connaître plus tard les causes de cette mort prématurée. Pour le moment, je me contente d'indiquer que les monstres qui se produisent dans cette classe échappent le plus ordinairement aux observateurs.

On peut déduire des observations tératologiques faites dans la classe des poissons, et particulièrement de celles de Lereboullet, un résultat analogue. Toutes les monstruosités ichthyologiques, observées dans l'œuf ou peu après l'éclosion, reproduisent des types déjà décrits dans le *Traité de tératologie.* Et cependant l'auteur de ce livre signale encore moins de monstres chez les poissons que chez les oiseaux.

Il résulte de tous ces faits qu'il y a des types tératologiques communs aux mammifères, aux oiseaux, aux poissons, et, par conséquent,

mentionne tous les faits de ce genre indiqués dans les recueils scientifiques (*Traité de tératologie*, t. I, p. 725 et suiv.), révoquait en doute leur authenticité. Bien que je partage en grande partie, relativement à ces observations, l'opinion d'Is. Geoffroy Saint-Hilaire, je crois cependant qu'il a poussé le scepticisme trop loin, et qu'un certain nombre des faits qu'il signale pourraient bien avoir été réels. Tel est, par exemple, le fait de dualité du cœur signalé au siècle dernier par un médecin de Lyon nommé Collomb (*Œuvres médico-chirurgicales*), et qui aurait été présenté par un monstre otocéphalien. En effet, la dualité du cœur accompagnait assez souvent les faits de cyclopie que j'ai observés.

selon toute apparence, à tous les animaux qui font partie de l'embranchement des vertébrés [1].

§ 2.

L'existence de types définis ou définissables, en tératologie, est la conséquence nécessaire de la production des anomalies et des monstruosités par des causes naturelles, causes dont l'action, comme celle de toutes les causes naturelles, est nécessairement soumise à des lois. Is. Geoffroy Saint-Hilaire l'a très nettement indiqué. « Du moment, disait-il, où nous admettons, pour les variations tératologiques aussi bien que pour les variations de la zoologie normale, l'existence de lois et de limites précises, nous devons nous attendre à voir les déviations, bien loin d'être variables à l'infini, se renfermer dans un cercle, en dehors duquel l'imagination peut encore concevoir, mais l'observation ne présente plus de nouvelles anomalies. Dans cette hypothèse, dont la vérité est aujourd'hui incontestable, il n'est plus qu'un certain nombre de types dont la production soit possible, parce qu'il n'est qu'un certain nombre de types dont l'existence soit compatible avec les lois des formations anomales [2]. »

La pensée exprimée dans cette phrase est parfaitement juste; mais elle est trop générale, et elle a besoin d'être développée. Il faut montrer les conditions de la répétition des mêmes types dans les individus d'une même espèce et dans les individus qui appartiennent à un groupe supérieur à celui de l'espèce, quelle que soit d'ailleurs la nature de ce groupe. Mes études tératogéniques me permettent actuellement de le faire, au moins en grande partie.

Il est facile de comprendre qu'une même espèce ne puisse présenter qu'un nombre limité de types tératologiques; car il est évident que si l'anomalie dérive de l'état normal d'après certaines lois déterminées, il n'y a qu'un certain nombre d'événements tératologiques possibles.

[1] Is. Geoffroy Saint-Hilaire indique plusieurs cas de monstruosités doubles chez les reptiles. Jusqu'à présent on n'y connaît point de monstres simples. Il me paraît très probable que, dans cette classe comme dans celle des oiseaux, les monstres simples échappent à l'observation, par le fait de leur mort prématurée. J'ai eu occasion d'observer un cas de célosomie dans un embryon de serpent à sonnettes, conservé au laboratoire d'erpétologie du Muséum.

[2] Is. Geoffroy Saint-Hilaire, *Traité de tératologie*, t. II, p. 430. — Voir aussi : *Remarques sur la fréquente répétition des types parmi les monstres* dans les *Comptes rendus*, t. XIV, p. 257.

Or j'ai déjà indiqué que le fait initial de la plupart des monstruosités simples est l'arrêt de développement. Considérons un organe quelconque frappé d'arrêt de développement; ou cet organe ne se formera point, ou bien il s'arrêtera dans l'une des phases transitoires qu'il doit parcourir pour atteindre son état définitif. Le nombre des états tératologiques qu'il peut présenter est donc nécessairement restreint.

La monstruosité double résulte de la soudure ou de la fusion des éléments primitivement distincts de deux embryons, soudure ou fusion qui, sauf quelques cas particuliers, obéissent à la loi d'union des parties similaires. On comprend donc sans peine, avant toute étude de détail, que l'union des parties similaires ne pourra s'opérer que suivant un nombre restreint de combinaisons, et que, par conséquent, les types de la monstruosité double ne pourront être illimités.

Assurément, je n'ai pas le droit d'affirmer que l'arrêt de développement et l'union des parties similaires soient les seules conditions primordiales de la tératogénie. L'évolution normale ne pourrait-elle pas être modifiée par d'autres procédés[1]? Et, dans ce cas, ne verrions-nous pas apparaître des événements tératologiques dont nous n'avons aucune idée? Il n'appartient à personne de fixer les limites du possible. Mais ce que je puis affirmer, c'est que, s'il en était ainsi, ces événements seraient toujours soumis à des lois, et que, par conséquent, il se grouperaient sous un nombre défini de types nouveaux.

§ 3.

Il semble plus difficile, au premier abord, de comprendre l'existence de types tératologiques se répétant de genre à genre, de classe à classe, et même dans tout l'embranchement des animaux vertébrés. Mais cette difficulté s'évanouit lorsque l'on tient compte d'un fait que les travaux des anatomistes modernes ont mis en pleine lumière, celui des analogies essentielles de l'organisation de tous ces animaux.

Ici, il est nécessaire d'entrer dans quelques détails.

[1] J'ai parlé plus haut de l'excès de développement et de la métamorphose comme procédés tératogéniques. Les notions que nous possédons à leur sujet sont encore trop incomplètes pour que nous puissions actuellement établir les lois qui les régissent. Mais il est bien évident que ces procédés ne peuvent amener qu'un nombre restreint de modifications.



Il y a, dans la nature vivante, animale ou végétale, des espèces ou, en d'autres termes des groupes d'individus qui se transmettent, par voie de génération, un type spécifique, c'est-à-dire un ensemble de traits caractéristiques. L'existence des espèces, qui sont les *unités de la nature vivante*, suivant l'expression de Buffon, est un fait indiscutable, soit qu'on les considère comme absolument fixes, soit qu'on attribue leur origine à la modification d'espèces antérieures.

Les types spécifiques, quand on les compare, présentent des différences et des ressemblances, et ces différences et ces ressemblances sont de divers degrés. La constatation de ces ressemblances est le point de départ de ces groupes de plus en plus généraux que l'on désigne sous les noms de *genres*, d'*ordres*, de *classes*, etc.

Que sont ces groupes supérieurs aux espèces? Devons-nous y voir de simples abstractions conçues par notre intelligence et dont le rôle serait uniquement de faciliter les études au milieu de la diversité presque infinie des types spécifiques? Ou bien ne sont-ils pas quelque chose de plus? N'y a-t-il pas en eux quelque réalité indépendante de notre intelligence? Et, s'il en est ainsi, la recherche de cette réalité n'est-elle pas le but suprême des sciences naturelles?

On le voit, cette question n'est autre, sous sa forme particulière, que la grande question de la nature des idées générales, qui a tant occupé les philosophes, depuis Platon et Aristote, et dominé toute la scolastique au moyen âge. Elle se représente aujourd'hui, sous une autre forme et avec d'autres termes, dans toutes nos études d'histoire naturelle. Les naturalistes actuels, qu'ils le sachent ou qu'ils l'ignorent, se partagent, comme les philosophes, en nominalistes et en réalistes[1].

[1] Je lis, dans les *Leçons sur la synthèse chimique*, professées au Collège de France par M. Berthelot, des considérations sur les classifications, tout à fait comparables à celles que je viens de présenter. Cette concordance me frappe trop vivement pour que je croie devoir les citer textuellement.

« Les notions de séries et de fonctions existent dans toutes les sciences naturelles; la zoologie et la botanique procèdent à cet égard de la même manière que la chimie. Elles commencent également par établir entre les différents êtres qu'elles envisagent des relations générales, à l'aide desquelles on partage ces êtres en classes, familles, genres, etc., c'est-à-dire en catégories, tantôt purement conventionnelles, tantôt fondées sur un sentiment plus ou moins net de leurs analogies véritables. A un certain point de vue, ces classifications peuvent être envisagées comme des instruments nécessaires à la faiblesse de l'intelligence humaine, et sans lesquelles elle serait incapable d'embrasser l'ensemble des êtres particuliers que les sciences naturelles se proposent de connaître. Ce point de vue appartient à la fois à la chimie et à l'histoire naturelle.

Les uns, les nominalistes, considèrent les différences comme essentielles, tandis que les ressemblances seraient purement accidentelles.

Les autres, les réalistes, considèrent, au contraire, les ressemblances comme essentielles, tandis que les différences seraient purement accidentelles.

C'est là le fond de la célèbre discussion qui s'éleva, en 1830, devant l'Académie des sciences de Paris, entre Cuvier et Geoffroy Saint-Hilaire.

Rappelons tout d'abord que le point de départ de cette discussion se trouve dans la manière dont Cuvier et Geoffroy Saint-Hilaire comprenaient l'origine des êtres vivants[1]. Cuvier, après avoir hésité longtemps, s'était rallié à la doctrine de la préexistence des germes, doctrine qui, nous l'avons vu, relègue cette question d'origine dans une région inaccessible à la science. La conséquence nécessaire de cette doctrine, c'est que les formes spécifiques créées à un certain moment sont essentiellement différentes, et, par suite, que leurs ressemblances ne sont que de simples accidents[2]. Au contraire, pour Geoffroy Saint-

« Mais notre esprit n'est pas entièrement satisfait par cette manière de comprendre les classifications. Il est toujours enclin à croire que les cadres tracés par elle ne sont pas de simples conceptions de la pensée humaine, mais qu'ils doivent avoir un fondement dans l'essence même des choses. En un mot, nous nous imaginons qu'une classification ne saurait être naturelle que si elle rassemble tous les êtres produits de la même manière et par une même cause génératrice. Une classification ne peut même prétendre à satisfaire complètement notre esprit que si elle parvient à nous faire comprendre le caractère et le mode d'action de cette cause génératrice. Telle est, ce me semble, la vraie philosophie des notions relatives aux classifications naturelles et artificielles ; c'est au fond la même idée qui était cachée sous les vieilles discussions des nominalistes et des réalistes. » BERTHELOT, *Leçons sur la synthèse chimique*, p. 521.

[1] Voir la note D à la fin de la seconde partie.

[2] Si quelqu'un pouvait douter que telle fût réellement la pensée de Cuvier à la fin de sa carrière, je le renverrais à ces paroles que j'extrais de son article « Nature », dans le *Dictionnaire des sciences naturelles*, t. XXXIV, p. 261:

« Que les êtres qui existent dans le monde soient coordonnés de manière à maintenir un ordre permanent; qu'il y en ait, par conséquent, pour tous les besoins; que leur action et leur réaction soient dans tous les lieux et dans tous les moments comme il est nécessaire pour cette permanence; qu'il en soit de même des parties de chaque être et de leur jeu, c'est ce que le maintien même de cet ordre nous apprend. Enfin, que dans cette multitude innombrable d'êtres divers, chacun, pris à part, en ait quelques-uns qui lui ressemblent plus que d'autres, par les formes intérieures et extérieures; qu'il en soit de même de ces autres par rapport à de troisièmes; que, par conséquent, on puisse grouper auprès de chaque être un certain nombre d'autres êtres qui s'en rapprochent à des degrés différents, c'est encore ce qu'il est impossible qui ne soit pas...

« Chaque être est fait pour soi, a en soi tout ce qui le complète; il peut res-

Hilaire, et je puis ajouter pour les naturalistes modernes, la formation des êtres vivants est un fait naturel, régi par des lois naturelles, que l'on peut, par conséquent, soumettre à l'investigation scientifique. Le naturaliste doit donner à l'étude des ressemblances une importance au moins égale à celle de l'étude des différences, car il ignore *a priori* leur véritable nature et il ne peut la reconnaître que par l'observation.

Or l'observation conduit à un résultat inattendu. Les différences sont superficielles et immédiatement apparentes. Les ressemblances sont profondes et exigent souvent, pour être reconnues, de longues et minutieuses recherches. Mais, toutes les fois qu'au lieu de se contenter d'une étude extérieure, on pénètre dans l'intimité des êtres, on voit les ressemblances se manifester de plus en plus; en d'autres termes, les conditions communes de l'organisation deviennent d'autant plus évidentes que ses détails sont mieux connus. On arrive ainsi à penser que les ressemblances qui existent entre les êtres d'un même groupe sont le fait principal, tandis que les différences ne seraient qu'un fait surbordonné.

Mais comment peut-on se rendre compte de l'essentialité des ressemblances?

A la fin du siècle dernier, Geoffroy Saint-Hilaire en France, et Gœthe en Allemagne, travaillant dans la même direction, mais d'une manière tout à fait indépendante, cherchèrent à en donner une expression simple, et en quelque sorte la formule. Les études de ces deux naturalistes portèrent sur le groupe des animaux vertébrés.

Geoffroy Saint-Hilaire, qui passa la plus grande partie de sa vie à déterminer les analogies essentielles des organes plus ou moins cachées par les différences apparentes de volume, de forme et de fonctions, admit que toutes les organisations des animaux vertébrés sont composées d'un même nombre d'éléments organiques semblables et semblablement disposés. C'est ce qu'il appelait le principe de l'*unité de composition organique*. Cette manière de concevoir les analogies essentielles des organisations qui appartiennent au groupe des vertébrés est assurément inexacte; mais l'inexactitude de cette conception

sembler à d'autres êtres également composés, chacun, de ce qui lui convient et dans le degré qui lui convient; mais aucun ne peut être composé en vue de l'autre, ni pour se joindre à un troisième par le rapport des formes, et ce qui est vrai de la moindre plante, du moindre animal, ce qui est vrai du plus parfait des animaux, de l'homme, du petit monde, comme l'appelaient les anciens philosophes, n'est pas moins nécessairement vrai du grand monde, du globe et de tout ce qui l'habite. »

ne diminue en rien la valeur des travaux de Geoffroy Saint-Hilaire sur la détermination scientifique des analogies[1].

Gœthe, partant du même point que Geoffroy Saint-Hilaire, c'est-à-dire de l'essentialité des analogies, en donna une formule beaucoup plus exacte. Il admit que tous les animaux vertébrés sont construits d'après un même modèle, un même *type*, dont ils sont des copies plus ou moins ressemblantes[2]. Ce type n'est réalisé nulle part; c'est, par conséquent, un type virtuel, une conception de notre intelligence, que nous construisons, en comparant toutes les organisations différentes, par l'élimination des différences et la constatation des ressemblances. Sans doute, cette notion du type en anatomie comparée est, au fond, la même que celle de l'unité de composition organique, mais elle est beaucoup plus exacte, en ce qu'elle n'implique pas, comme cette dernière, l'idée de la répétition du même nombre d'éléments anatomiques.

Or ce type, ce modèle général (*allgemeines Bild*) de l'organisation des animaux vertébrés n'est pas un type virtuel, comme le croyait Gœthe. Nous le trouvons matériellement réalisé dans les embryons de tous les animaux de ce groupe, quelle que soit leur espèce. Déjà Geoffroy Saint-Hilaire avait prouvé que, dans bien des cas, pour trouver les analogies, il ne faut pas se contenter de l'examen de l'âge adulte, mais qu'il faut les chercher dans le fœtus[3]. Baer alla plus loin : il montra que les analogies ne sont pas seulement essentielles, mais qu'elles sont primitives, ou plutôt qu'elles sont essentielles parce

[1] Cette différence entre les deux parties de l'œuvre scientifique de Geoffroy Saint-Hilaire, c'est-à-dire entre l'essentialité des analogies et la détermination des parties analogues d'une part, et la théorie de l'unité de composition organique de l'autre, a été souvent méconnue; mais elle doit être faite avec soin, car, bien que liées entre elles par des relations intimes, elles constituent cependant deux conceptions très distinctes. Ce point a été parfaitement mis en lumière par Is. Geoffroy Saint-Hilaire (*Vie, travaux et doctrine scientifique* d'E. Geoffroy Saint-Hilaire, chap. viii). Ainsi, la théorie de l'unité de composition organique n'est pas vraie pour l'ensemble du règne animal, comme E. Geoffroy Saint-Hilaire chercha à l'établir, après l'avoir admise pour les animaux vertébrés. Quant aux animaux vertébrés eux-mêmes, elle ne donne qu'une expression inexacte du fait de leurs analogies essentielles. Mais la démonstration des analogies essentielles, ou, si l'on aime mieux, du fond commun d'organisation de tous les animaux de ce groupe, est évidemment l'œuvre de Geoffroy Saint-Hilaire.

[2] Gœthe, *Erster Entwurf einer allgemeinen Einleitung in die vergleichende Anatomie*, dans *Zur Morphologie*, t. I, p. 150. Ce travail date de 1795 et fut communiqué par l'auteur à plusieurs naturalistes; mais il ne fut publié qu'en 1820.

[3] Voir le mémoire déjà cité de Geoffroy Saint-Hilaire, *Sur la tête osseuse des animaux vertébrés*.

qu'elles sont primitives. Les embryons de tous les animaux vertébrés, quels qu'ils soient, se constituent d'abord comme animaux vertébrés; ils ont, à l'origine, une forme commune, et, par conséquent, un point de départ commun; puis ils revêtent successivement un certain nombre de formes semblables avant de s'engager dans les voies différentes par lesquelles ils deviennent poissons, batraciens, reptiles, oiseaux et mammifères[1].

C'est ainsi que la notion de l'essentialité des ressemblances a conduit peu à peu à l'une des plus grandes découvertes de notre siècle, celle de la loi de formation des animaux vertébrés. Et ici je dois ajouter que Cuvier avait en quelque sorte pressenti cette découverte, dès 1807, à une époque où il ne s'était pas encore rallié à la doctrine de la préexistence des germes. Dans un rapport fait à l'Académie des sciences sur les premiers mémoires de Geoffroy Saint-Hilaire, on lit la phrase suivante : « De tous les sujets que traitent les sciences physiques, l'origine des corps organisés est sans contredit le plus obscur et le plus mystérieux. Quelque attaché que l'on soit aux méthodes rigoureuses, aujourd'hui introduites avec tant de raison dans les sciences, on ne peut s'empêcher de penser que, s'il y a quelque espoir d'arriver jamais à un peu plus de lumière sur des questions si difficiles, c'est peut-être dans la constance de ces analogies que l'on devra en chercher les premières étincelles. Cette constance est en effet indépendante de tous les usages, et, par conséquent, elle résulte uniquement des forces qui ont déterminé la production du corps organique; elle fait donc présumer que cette détermination est due, au moins en partie, à quelque principe commun[2]. »

La découverte de Baer est-elle le dernier terme de la science, et devons-nous nous y tenir? Ou bien ne devons-nous pas nous demander pourquoi les animaux vertébrés, si dissemblables en apparence, quand ils ont atteint leur entier développement, sont tellement semblables à leur origine qu'on ne peut les distinguer quand on ignore leur provenance? Quelle est la cause de cette similitude? On sait que, dans ces

[1] BAER, *Scholien und Corollarien zu der Entwickelungsgeschichte des Hühnchens im Eie*, 1828.

[2] CUVIER, *Rapport fait à la première classe de l'Institut sur un nouveau mémoire de M. Geoffroy Saint-Hilaire*, dans le *Magasin encyclopédique*, t. V, p. 39.

Je ne puis pas ne pas faire remarquer l'extrême différence de ces phrases de Cuvier, en 1807, avec celles que j'ai citées dans la note de la page 217, et qu'il écrivit dix-huit ans plus tard. Il y a, entre ces deux passages, toute la différence de la doctrine de la préexistence des germes avec celle de l'épigénèse.

derniers temps, l'un des plus illustres naturalistes de notre époque, Darwin, a cherché à l'expliquer en admettant que tous les animaux vertébrés descendraient d'une espèce primitive unique, qui aurait présenté dans son organisation adulte la réalisation aussi complète que possible du type embryonnaire de tous les animaux vertébrés actuels. Mais cette hypothèse de Darwin, quelque vraisemblable qu'elle puisse paraître, quelques facilités qu'elle semble présenter pour l'explication des faits, est loin de pouvoir être considérée comme une vérité définitivement acquise : elle ne le sera que si elle arrive à être expérimentalement démontrée. Pour le moment, n'allons donc pas au delà de la découverte de Baer : restons sur un terrain solide et qui ne tremble point sous nos pas.

La notion du type commun des animaux vertébrés, que nous trouvons réalisé dans tous leurs embryons, telle que nous la devons à Baer, est d'ailleurs tout à fait suffisante pour faire comprendre la possibilité de la répétition des mêmes types tératologiques dans toutes les espèces de cet embranchement. On conçoit, en effet, que si les premières phases de l'évolution sont les mêmes chez tous ces animaux, elles peuvent, chez tous, se modifier de la même manière; et que, par conséquent, les mêmes types tératologiques pourront apparaître chez tous. On le conçoit d'autant mieux, que les monstruosités les plus graves se manifestent surtout au début de la vie embryonnaire. L'unité de type est donc évidemment la condition de l'apparition de certains types tératologiques chez tous les animaux vertébrés, tandis que ces types tératologiques ne peuvent se produire dans les autres embranchements où les phénomènes de l'évolution se manifestent d'une manière entièrement différente.

Et ici je dois signaler une différence très importante entre la manière dont je comprends ces faits et les doctrines tératologiques d'Is. Geoffroy Saint-Hilaire. Cet illustre naturaliste, qui admettait, comme son père, l'unité de composition organique, non seulement pour l'embranchement des animaux vertébrés, mais pour l'ensemble du règne animal, croyait que certains types tératologiques pouvaient être réalisés dans des embranchements différents [1]. Actuellement nous ne pouvons admettre l'unité de type que pour les animaux d'un même embranchement; d'où il résulte que les anomalies et les monstruosités qui se produisent chez les invertébrés doivent se rattacher à des types

[1] Is. Geoffroy Saint-Hilaire, *Traité de tératologie*, t. II, p. 144 et 412; t. III, p. 280.

tout autres que ceux des animaux vertébrés, types qui ne sont pas encore définis. Du reste, cela ne change absolument rien aux doctrines générales du *Traité de tératologie;* car, bien qu'Is. Geoffroy Saint-Hilaire ait voulu écrire un traité complet de tératologie animale, il n'a écrit en réalité qu'un traité de tératologie des animaux vertébrés. La tératologie des animaux invertébrés attend et attendra longtemps encore le naturaliste qui pourra la constituer.

§ 4.

S'il y a des types tératologiques communs à tout l'embranchement des vertébrés, il y a des types tératologiques qui n'appartiennent qu'à certaines classes, à certains ordres, à certains genres, probablement aussi à certaines espèces, types qui se manifestent lorsque l'embryon, qui n'avait au début que les caractères généraux de l'animal vertébré, a revêtu les caractères particuliers d'un groupe subordonné : classe, ordre, genre ou espèce.

Je puis en citer quelques exemples.

Les anomalies de l'amnios déterminent la production d'un grand nombre de monstruosités simples.

Assurément je ne suis pas en mesure d'affirmer que ces monstruosités ne peuvent se produire que sous l'influence d'une anomalie de l'amnios. Il n'est pas impossible que les mêmes monstruosités résultent de faits primordiaux différents. Mais, en attendant des documents plus complets, il y a toujours un fait incontestable, c'est l'influence de l'amnios sur la production de certaines monstruosités. Par conséquent, les batraciens et les poissons, dont l'embryon ne s'enveloppe point d'un amnios, sont, au point de vue de la tératologie, dans des conditions bien différentes de celles où se trouvent les reptiles, les oiseaux et les mammifères dont l'embryon s'enveloppe d'un amnios.

Les divers modes de relations de l'embryon avec le vitellus sont eux-mêmes la cause d'événements tératologiques très différents suivant les types zoologiques.

Il est clair par exemple que les différentes formes de l'éventration ou de la célosomie doivent faire défaut chez les lamproies et les batraciens, chez lesquels l'intestin ne se distingue point du vitellus.

Tous les embryons de l'embranchement des vertébrés ont à l'origine la face antérieure de leur corps en rapport avec le vitellus. Ces rela-

tions ne changent à aucune époque chez les batraciens et les poissons. Au contraire, chez les reptiles, les oiseaux et les mammifères, l'embryon, à un certain moment, se retourne sur le vitellus de manière à se mettre en rapport avec lui par le côté gauche de son corps. Quelquefois, mais tout à fait exceptionnellement, l'embryon se retourne sur le vitellus en sens inverse, c'est-à-dire de manière à se mettre en rapport avec lui par le côté droit; ce qui a lieu, je le montrerai plus tard, dans l'inversion des viscères. Il y a des formes de la monstruosité double dans lesquelles les sujets composants s'unissent par les faces antérieures de leurs corps. Or cette union ne peut se produire qu'à la condition que deux embryons développés sur un vitellus unique se retournent en sens inverse et s'opposent l'un à l'autre par leurs faces antérieures. Il est bien clair que ces types tératologiques feront nécessairement défaut dans les classes dont les embryons ne se retournent point sur le vitellus.

On peut aller beaucoup plus loin encore. Ainsi la complication très grande des organes génito-urinaires chez les mammifères et leur extrême simplicité chez les oiseaux rendent possibles, dans la première de ces classes, des anomalies qui ne peuvent se produire dans la seconde, et particulièrement différentes formes de ce que l'on appelle d'une manière peu exacte des *hermaphrodismes*.

Tous ces faits ne sont encore aujourd'hui que de simples indications. Il est bien évident que la tératologie n'est pas actuellement en mesure de dresser la liste des types tératologiques communs à tout l'embranchement des vertébrés et de ceux qui n'appartiennent qu'à certaines classes, à certains genres, à certaines espèces. Un pareil travail exige des notions que nous ne possédons pas encore, et qui ne peuvent résulter que de la constitution scientifique de l'embryogénie comparée.

Sans doute, on a beaucoup parlé, depuis Baer, d'une classification embryogénique du règne animal; et, pour ma part, j'ai la conviction que c'est surtout l'embryogénie qui fait connaître les affinités naturelles.

Il est bien évident que le type général des vertébrés, les seuls dont j'aie à m'occuper ici, est nettement réalisé dans l'embryon; et que la constatation de ce type par Baer nous donne la raison des affinités naturelles des animaux de ce groupe.

Il est évident aussi qu'à une certaine époque de l'évolution, peu éloignée de son point de départ, les embryons du groupe des vertébrés s'engagent en deux voies différentes, suivant qu'ils deviendront poissons

ou batraciens d'une part, reptiles, oiseaux ou mammifères de l'autre. En effet, chez les premiers, la corde dorsale ne s'infléchit point à sa partie antérieure, et par suite l'axe de la tête est toujours sur la même ligne que l'axe du corps; chez les seconds, l'extrémité antérieure de la corde dorsale s'infléchit à angle droit, et par suite de cette inflexion la tête s'infléchit elle-même à angle droit sur le tronc. Cette inflexion de l'extrémité antérieure de la corde dorsale, et l'inflexion de la tête qui la suit, entraînent au bout d'un certain temps le retournement de la tête sur le vitellus, retournement qui dans l'état normal s'opère toujours dans le même sens, sens qui est évidemment déterminé par l'inflexion de l'anse cardiaque au côté droit de l'embryon.

Un autre fait qui distingue l'évolution des animaux de ces deux groupes, mais qui ne se produit que plus tard, c'est la permanence des fentes branchiales chez les batraciens et les poissons, — tandis que ces fentes s'oblitèrent très rapidement chez les reptiles, les oiseaux et les mammifères; — et en même temps l'apparition des lames branchiales sur la convexité des arcs branchiaux dans le premier de ces groupes.

Ces différences dans l'évolution de l'embryon lui-même s'accompagnent d'autres différences dans l'évolution des annexes de l'embryon. Les embryons du premier groupe n'ont ni amnios ni allantoïde, tandis que ceux du second groupe ont un amnios et une allantoïde [1].

Il y a bien évidemment dans tous ces faits la raison d'une première distinction dans l'embranchement des animaux vertébrés. Depuis Baer, tous les naturalistes s'accordent à diviser ces animaux en deux groupes, les anallantoïdiens et les allantoïdiens. Mais est-il actuellement possible d'aller plus loin et de montrer comment l'embryon du premier groupe devient poisson ou batracien [2], comment l'embryon du second groupe devient reptile, oiseau ou mammifère? Ici nous sommes complètement arrêtés par le manque de notions embryogéniques. Je sais bien que, dans le second groupe, Baer a cru pouvoir trouver

[1] Aristote a déjà signalé cette différence des embryons d'oiseaux et de poissons qui consiste dans l'absence de l'allantoïde chez ces derniers. Voici ses paroles:

« Ἡ γένεσις... τούτοις δὲ (les poissons cartilagineux) καὶ τοῖς τῶν ὀρνίθων, τῇ μὲν ὁμοία, τῇ δὲ διαφορὸς ἔστι. Πρῶτον μὲν γὰρ οὐχ ἔχουσι τὸν ἕτερον ὀμφαλὸν, τὸν ἐπὶ τὸ χόριον τείνοντα, ὅ ἐστιν ὑπὸ τὸ περίεχον ὄστρακον..... Τὸν τε γὰρ ὀμφαλὸν ἔχουσι τὸν ἕτερον, ὡσαύτως ὥσπερ οἱ ὄρνιθες, πρὸς τὸ ὠχρὸν, οὕτως οἱ ἰχθύες πρὸς τὸ ὅλον ὠόν. » Περὶ ζώων γενεσέως, lib. III, cap. III.

[2] A supposer, ce qui n'est pas encore établi, que la classe des poissons devrait être conservée, et qu'elle ne devrait pas être scindée en plusieurs classes, comme l'admettent plusieurs naturalistes, et particulièrement Agassiz.

les motifs d'une division ultérieure dans les caractères de l'allantoïde, qui tantôt conserve ses conditions primitives (reptiles, oiseaux, marsupiaux), et tantôt se transforme en placenta (la plupart des mammifères). Mais ces caractères distinctifs appartiennent aux annexes de l'embryon, et non à l'embryon lui-même. Or c'est dans l'embryon que l'on doit les chercher, et jusqu'à présent on ne les a pas trouvés.

Je dois me contenter de constater cette lacune de la science, qui tient à ce qu'à vrai dire l'embryogénie comparée n'existe pas encore. Sans doute nous possédons des monographies plus ou moins complètes de l'évolution d'un certain nombre d'espèces appartenant à l'embranchement des vertébrés; mais ces monographies — et je n'excepte même pas celles qui ont pour objet l'évolution du poulet — sont encore insuffisantes et ne permettent pas toujours d'apprécier la signification réelle des faits qu'elles signalent. C'est pourquoi nous ne possédons pas un travail d'ensemble reliant tous les faits épars que contiennent ces monographies, et permettant d'apprécier à leur juste valeur les ressemblances et les différences que présente l'évolution dans l'embranchement des animaux vertébrés[1]. Peut-être même un pareil travail est-il actuellement impossible. Or ce n'est que lorsque ce travail aura été fait que l'on pourra établir la classification sur l'embryogénie et déterminer les types tératologiques qui peuvent apparaître dans chaque groupe déterminé. Ici, comme partout, la tératogénie est subordonnée à l'embryogénie; c'est d'elle seulement qu'elle doit attendre ses propres progrès.

[1] Cette phrase était écrite en 1876. Depuis cette époque, nous possédons un grand ouvrage d'Embryogénie comparée, le livre de Balfour *A Treatise on comparative Embryology*. Londres, 1880. Ce physiologiste, dont la vie a été prématurément brisée par un effroyable accident, a réuni, dans ce livre, tous les faits embryogéniques publiés dans les recueils scientifiques, et tous ceux que lui-même avait découverts. Le livre de Balfour a, incontestablement, une grande importance. Mais, quand on le consulte, on est constamment arrêté par les nombreuses et inévitables lacunes qu'il présente. Il n'est pas encore possible d'établir les lois de l'Embryogénie comparée. Nous pouvons seulement entrevoir certains faits généraux dont nous ne pouvons encore apprécier que très imparfaitement la signification.

CHAPITRE III

CLASSIFICATION TÉRATOLOGIQUE

SOMMAIRE : 1° Classification tératologique. — 2° Remarques sur la classification des monstres simples. — 3° Remarques sur la classification des monstres doubles. — 4° Importance de la classification tératologique comme instrument de recherche.

§ 1.

Après la détermination et la description des types tératologiques, commencée par E. Geoffroy Saint-Hilaire, et terminée par son fils, venait naturellement la classification de ces types. Ce fut l'œuvre exclusive d'Is. Geoffroy Saint-Hilaire, œuvre achevée dans son ensemble, et que les travaux ultérieurs des tératologistes ne modifieront que dans des détails de peu d'importance.

J'adopte dans ce livre la classification tératologique d'Is. Geoffroy Saint-Hilaire. Je ne puis la faire connaître en détail, et je me contente d'en reproduire le tableau[1]. Je renvoie au *Traité de tératologie* ceux de mes lecteurs qui voudraient en faire une étude complète. Je dois me contenter ici d'indiquer brièvement les bases de cette classification, en présentant quelques considérations que j'ai tirées de mes propres études, et qui avaient échappé à l'esprit sagace de son auteur.

Les physiologistes qui, antérieurement aux Geoffroy Saint-Hilaire, se sont occupés de l'étude de la tératologie, ont confondu deux ordres de faits bien différents à certains égards, les déviations légères et les déviations graves du type spécifique. Aussi, malgré tous leurs efforts, ils n'ont pu se faire une juste idée de leur véritable nature ; et lorsqu'ils ont cherché à les répartir en groupes pour faciliter leur connaissance, ils n'ont pu aboutir qu'à des divisions artificielles, ayant tout au plus une valeur mnémonique.

Is. Geoffroy Saint-Hilaire a rendu à la tératologie un premier et très important service, en montrant que les anomalies constituent en

[1] Voir la note E placée à la suite de la deuxième partie.

réalité quatre groupes de faits très différents : les anomalies légères, qu'il désigne sous le nom d'*hémitéries*, et les anomalies graves ou complexes qui forment les trois groupes des *hétérotaxies*, des *hermaphrodismes* et des *monstruosités*.

Les hétérotaxies, caractérisées par l'inversion de la symétrie générale de l'organisation, et les hermaphrodismes, caractérisés par la combinaison des particularités organiques qui appartiennent à chacun des deux sexes, sont des faits tératologiques à part, et dont la distinction ne présente aucune difficulté. Les types qu'ils présentent sont très peu nombreux, et par conséquent n'exigent pas une classification particulière.

Il n'en est pas de même des hémitéries et des monstruosités. Ces deux groupes renferment un très grand nombre de types et nécessitent par conséquent l'établissement d'une classification. Mais la nature différente de ces faits tératologiques ne permet pas de les classer d'après les mêmes principes.

Les hémitéries n'affectent généralement qu'un organe isolé, souvent même que certaines parties d'un organe; elles sont donc essentiellement locales, et, par suite de leur localisation, ne retentissent pas, si l'on peut parler ainsi, dans l'ensemble de l'organisation. Aussi leur étude est-elle essentiellement abstraite, en ce sens que nous les considérons en elles-mêmes, et indépendamment de l'animal qui les présente. On ne peut donc les classer comme des objets ou des êtres vivants que nous comparons dans leur ensemble, c'est-à-dire en tenant compte de tous les traits communs ou différentiels qui les caractérisent. Il en résulte qu'une classification naturelle des hémitéries ne peut être fondée que sur la nature de la modification et aussi de la cause modificatrice. Mais, à l'époque de la publication du *Traité de tératologie*, la tératogénie existait à peine, et encore aujourd'hui elle est loin de rendre compte de la plupart des hémitéries. Il a donc fallu les grouper uniquement d'après la nature même de la modification, c'est-à-dire suivant qu'elles portent sur le *volume*, la *forme*, la *structure*, la *disposition*, le *nombre* et l'*existence* des parties qu'elles affectent. C'est ce qu'a fait Is. Geoffroy Saint-Hilaire. Chacune de ces divisions a dû même être subdivisée. Ainsi les anomalies de disposition se subdivisent en anomalies par *déplacement*, par *changement de connexion*, par *continuité*, par *cloisonnement*, par *disjonction*.

Mais cette division ne peut être poussée plus loin. Sans doute les hémitéries se répètent non seulement dans les individus d'une même

espèce, mais encore dans les individus d'espèces différentes; elles présentent donc des types, comme les monstruosités elles-mêmes. Mais ces types ne sont pas toujours nettement définis : ils peuvent, dans bien des cas, passer de l'un à l'autre par une série de transformations insensibles. Je citerai, par exemple, les variétés de coloration, qui, dans chaque espèce animale, tout en obéissant à certaines lois, peuvent présenter des degrés très divers d'étendue et d'intensité. Il résulte d'ailleurs de cette absence de délimitation qu'ils sont en nombre illimité, et que, par conséquent, leur détermination est inaccessible à la science. Du reste, il faut ajouter que la détermination de tous les types réels ou possibles de l'hémitérie n'aurait aucun intérêt scientifique, par suite des différences souvent infiniment petites qui existent entre ces types. Tout ce que peut donc faire la tératologie, c'est d'étudier d'une manière générale les différentes modifications qui constituent pour chaque organe des déviations du type spécifique, et de déterminer, s'il est possible, les causes de ces modifications.

Il n'en est pas de même des véritables monstruosités. La monstruosité résulte toujours de l'association et de la combinaison d'un nombre plus ou moins grand d'anomalies légères ou d'hémitéries. Or il est bien évident qu'il y a dans l'organisation anormale, comme dans l'organisation normale, des conformations qui s'appellent et des conformations qui s'excluent; en d'autres termes, une véritable corrélation organique. Il résulte de ce fait, signalé par Is. Geoffroy Saint-Hilaire, et dont il s'est même, je le montrerai plus tard, exagéré l'importance, que les monstres sont monstres par leur organisation tout entière, ou du moins par des régions entières de leur corps. Aussi, tandis que l'hémitérie peut et doit être étudiée d'une manière isolée, et indépendamment des autres organes, l'organisation d'un être monstrueux ne peut être comprise que par la considération de l'ensemble de tous ses éléments. Ainsi donc on n'étudie, dans l'hémitérie, que l'hémitérie elle-même; quand on étudie les monstruosités, on étudie un être monstrueux.

J'ai montré, dans le chapitre précédent, comment les êtres monstrueux se rattachent nécessairement à un nombre limité de types. Ces types, plus ou moins semblables et plus ou moins différents entre eux, peuvent être l'objet d'une classification, exactement comme tous les êtres que l'on compare. Or, s'il y a un très grand nombre de classifications artificielles, il n'y en a qu'une qui soit vraiment naturelle, c'est-à-dire qui donne l'expression exacte des ressemblances et des dif-

férences, en d'autres termes, qui ait son fondement dans la nature des choses. C'est cette classification qu'Is. Geoffroy Saint-Hilaire a cherché à établir [1]. Je puis dire qu'il y a réussi, autant du moins que le comportait l'état de la science à l'époque où il l'a établie.

Toutefois mes recherches tératogéniques, tout en me donnant la confirmation générale de la légitimité des groupes admis par Is. Geoffroy Saint-Hilaire, me conduisent à y apporter quelques modifications de détail. Elles me font reconnaître, de plus, que plusieurs des groupes établis par cet illustre naturaliste doivent être caractérisés autrement qu'il le faisait. Je dois donc indiquer, mais d'une manière très générale, les modifications qu'il faudra introduire dans cette œuvre remarquable, et qui consisteront dans le remaniement de quelques groupes, dans une caractéristique nouvelle de quelques autres. Du reste, mes observations ne portent que sur quelques points particuliers. Je ne suis pas actuellement en mesure de reprendre la question dans son ensemble, — car il y a certains types tératologiques sur lesquels je n'ai pu recueillir encore que des documents incomplets, — et je ne le serai peut-être jamais. Je dois donc me borner à présenter quelques considérations qui résultent de mes études tératogéniques, et qui seront peut-être utilisées quelque jour, lorsqu'un physiologiste entreprendra d'écrire un nouveau traité de tératologie, conforme aux progrès récents de la science.

§ 2.

Is. Geoffroy Saint-Hilaire partage les monstres en deux classes : les monstres simples et les monstres doubles. Dans la première, le

[1] On a souvent contesté la légitimité de l'application de la classification naturelle à la tératologie. L'objection principale porte sur ce que les monstres ne sont pas de véritables *espèces* ou de véritables *genres*, du moins dans le sens que les naturalistes attachent à ces mots. Or cette objection tombe d'elle-même, si l'on prend ces mots de *genre* et d'*espèce* non plus dans l'acception limitée qu'ils ont en histoire naturelle, mais dans l'acception beaucoup plus générale qu'ils ont dans la langue philosophique. Je me suis déjà expliqué sur ce point. Voir p. 211, note 2.

Il ne faut pas oublier que la classification s'impose à nous dans toutes les carrières où s'exerce notre intelligence, toutes les fois que nous nous trouvons en présence d'un nombre considérable d'objets ou de faits; qu'elle peut être artificielle ou naturelle, suivant qu'elle considère ces objets ou ces faits à un point de vue unique, ou à tous les points de vue; enfin, que si les classifications artificielles peuvent être d'utiles moyens d'étude, la classification naturelle seule est un instrument de recherche, et par conséquent un instrument de découverte. Ces notions appartiennent autant à la philosophie générale qu'à l'histoire naturelle elle-même.



monstre n'est formé que des éléments d'un embryon unique. Dans la seconde, le monstre résulte de l'union ou de la fusion plus ou moins complète des éléments de deux individus; fait d'autant plus remarquable que l'association de deux organisations en une seule organisation, de deux vies en une seule vie, ne se retrouve, à l'état normal, que dans les degrés les plus inférieurs du règne animal.

Les monstres simples se divisent en trois groupes, qui sont désignés sous les noms de monstres *autosites*, *omphalosites* et *parasites*.

Je laisse de côté les monstres simples parasites, sur lesquels je ne possède aucun document personnel. Dans l'état actuel de la science, leur interprétation présente des difficultés insurmontables. J'ignore donc si la distinction de ce groupe est réellement fondée [1]; je suppose seulement qu'un certain nombre d'entre eux doivent être rattachés aux monstres omphalosites.

La distinction des monstres autosites et des monstres omphalosites est, au contraire, très réelle. Ces deux groupes sont parfaitement naturels; mais ils le sont par d'autres motifs que ceux qui ont guidé Is. Geoffroy Saint-Hilaire dans leur établissement.

Voici comment ce grand naturaliste définissait ces deux ordres :

« 1o Monstres *autosites*, c'est-à-dire capables de vivre et de se nourrir par le jeu de leurs propres organes. Tous peuvent subsister plus ou moins longtemps, sortis du sein de leur mère. Les premiers genres sont même complètement viables;

« 2o Monstres *omphalosites*, ou vivant seulement d'une vie imparfaite, et pour ainsi dire passive, qui n'est entretenue que par la communication avec la mère, et cesse dès que le cordon est rompu [2]. »

Il suffit de lire ces diagnoses pour voir qu'elles ne s'appliquent qu'aux monstres provenant de la classe des mammifères, et qu'elles laissent complètement de côté les monstres provenant des classes d'animaux ovipares. Il est vrai qu'Is. Geoffroy Saint-Hilaire ne connaissait chez les oiseaux qu'un petit nombre de monstres autosites, et aucun monstre omphalosite. Ces derniers peuvent se produire dans la classe des oiseaux, mais dans des conditions très différentes de celles où ils apparaissent chez les mammifères, et qui, avant mes recherches, ne permettaient pas de les reconnaître.

Il faut donc changer ces diagnoses et les remplacer par d'autres plus

[1] La suppression de l'ordre des monstres parasites a déjà été proposée par M. Lavocat : *Considérations sur un veau anide*. 1867, Toulouse.

[2] *Traité de tératologie*, t. II, p. 184.



générales et applicables aux monstres provenant de toutes les classes de l'embranchement des vertébrés.

Je ferai remarquer, en outre, que cette division des monstres simples repose entièrement sur un caractère physiologique, caractère d'ailleurs très insuffisamment défini. C'est uniquement une différence de viabilité. Or mes expériences m'ont appris que la viabilité d'un même type tératologique peut varier considérablement suivant les espèces zoologiques dans lesquelles il se présente.

Les monstres simples autosites provenant de la classe des mammifères ne sont point de véritables *autosites* dans le sens qu'Is. Geoffroy Saint-Hilaire attachait à ce mot. Sans doute ils se produisent et se constituent isolément; mais ils ne tardent pas, à une certaine époque, par suite de la formation du placenta, à se greffer aux parois de la cavité utérine. Et alors ils vivent jusqu'à la naissance en véritables parasites. C'est la mère qui les nourrit; c'est elle qui respire pour eux. Sans doute ils peuvent ordinairement vivre quelque temps après la naissance ; mais, à un très petit nombre d'exceptions près, ils périssent nécessairement, fatalement, quelques jours et souvent même quelques heures après leur arrivée dans le monde extérieur. Ils n'ont donc pas en eux-mêmes les conditions nécessaires pour la vie indépendante, comme semblerait l'indiquer l'expression d'*autosites*. Elle ne leur convient plus dès que le placenta s'est formé.

Les monstres autosites qui se produisent dans la classe des oiseaux sont, au contraire, de véritables *autosites* dans toute l'acception de ce mot. Enfermés dans la coquille de l'œuf et complètement séparés de l'organisme maternel, ils doivent trouver dans l'œuf tous les éléments de leur nutrition, en même temps qu'ils doivent respirer par eux-mêmes. Aussi leur viabilité est-elle moins grande encore que celle des monstres simples autosites de la classe des mammifères, qui, vivant en quelque sorte d'une vie d'emprunt, peuvent attendre sans péril l'époque de la naissance. Chez les oiseaux, ces monstres périssent presque toujours, d'une manière fatale, plus ou moins longtemps avant l'éclosion. Cette mort précoce a même empêché qu'on ne reconnût leur existence jusqu'à l'époque où j'ai été les chercher dans l'œuf lui-même aux premiers moments de l'incubation.

Bien que je ne connaisse point l'existence de semblables monstres chez les reptiles, je crois qu'ils peuvent s'y produire. S'il en était ainsi, leurs conditions de viabilité seraient probablement très différentes de celles des monstres qui appartiennent aux deux premières classes, par

suite des conditions physiologiques toutes spéciales qui caractérisent les reptiles à l'âge adulte.

Ainsi donc, les considérations physiologiques sur lesquelles Is. Geoffroy Saint-Hilaire avait établi cette division des monstres simples en *autosites* et en *omphalosites*, ne suffisent point pour la justifier. Toutefois ce naturaliste avait confusément le sentiment d'une différence importante entre les uns et les autres. Il comprenait vaguement que les premiers ont plus ou moins complètement en eux-mêmes les conditions de leur vie, tandis que les seconds ne trouveraient ces conditions qu'en dehors d'eux; mais il n'avait point reconnu la cause même de cette différence.

Mes recherches me permettent d'expliquer nettement ce qui n'était. dans l'esprit d'Is. Geoffroy Saint-Hilaire qu'un sentiment vague et confus. Les monstres autosites se produisent isolément dans un œuf qui leur est propre et peuvent, grâce à la complication de leur organisation, vivre pendant un temps plus ou moins long, bien que, presque toujours, atteints d'une manière irrémédiable dans leur viabilité. Au contraire, lorsque les omphalosites apparaissent isolés dans un œuf, ils périssent presque immédiatement après s'être formés, et lorsqu'ils sont encore dans cet état d'ébauche qui caractérise toujours les premières phases de la vie embryonnaire. Pour qu'ils puissent continuer à vivre et à acquérir leur organisation complète, il faut qu'ils se forment dans un œuf en même temps qu'un frère jumeau bien conformé. Il se produit alors des anastomoses entre les appareils vasculaires des deux embryons, anastomoses qui sont la condition nécessaire de la vie de l'omphalosite. Dans cette étrange association, c'est le frère bien conformé qui fait vivre le frère mal conformé. Celui-ci périt inévitablement au moment même où les deux organisations viennent à se séparer. On pourrait exprimer ce fait physiologique en remplaçant le terme d'*omphalosite* par celui d'*adelphosite*. Mais je ne crois pas qu'il y ait utilité à changer des dénominations consacrées depuis longtemps par l'usage. Dans le langage de la science, comme dans le langage ordinaire, on doit toujours conserver les anciennes expressions, même quand nous ne pouvons plus leur attribuer le sens qu'elles avaient à l'origine. Il suffit seulement de les considérer comme de simples appellations et de n'attacher aucune importance à leur signification étymologique. Autrement on aboutirait à une confusion dont les inconvénients seraient beaucoup plus grands que ceux que l'on voudrait éviter.

Il y a donc, dans le fait de la gémellité et dans les conséquences physiologiques qu'elle entraîne, une différence fondamentale entre les omphalosites et les autosites, différence qu'Is. Geoffroy Saint-Hilaire avait pressentie, sans pouvoir s'en rendre compte. Mais une classification des êtres vivants, quels qu'ils soient, normaux ou anormaux, ne peut reposer sur des différences physiologiques : elle doit nécessairement être fondée sur l'organisation. C'est la conséquence de toutes les études zoologiques qui m'ont occupé pendant ma vie. Or il existe entre les monstres autosites et les monstres omphalosites une différence anatomique capitale : la présence du cœur chez les premiers et son absence chez les seconds [1].

Je ferai connaître plus tard les conditions biologiques, toutes différentes, qui résultent pour les embryons monstrueux de la présence ou de l'absence de cet organe. Pour le moment, je me borne à signaler que c'est là la différence fondamentale qui distingue les monstres autosites des omphalosites.

On peut déduire de ce fait une conséquence importante, c'est que l'apparition des monstruosités omphalositiques dans l'embryon est antérieure à la formation du cœur, et appartient, par conséquent, aux premières phases de la vie embryonnaire, tandis que celle des monstruosités autositiques lui est, au contraire, postérieure.

Après la distinction des monstres simples en monstres autosites et en monstres omphalosites, vient la division de ces deux groupes en familles, contenant chacune un certain nombre de types, ou de *genres*, comme disait Is. Geoffroy Saint-Hilaire.

Cette répartition des types tératologiques en familles naturelles a une importance capitale au point de vue de la tératogénie, car j'ai reconnu que tous les types d'une même famille résultent d'un même fait initial, et que, par conséquent, ils sont régis par la même loi de formation. La distinction des types appartenant à une même famille provient uniquement de l'étendue de la modification produite. Il résulte de ce fait que, lorsque j'aborderai les questions spéciales de la tératogénie, j'étudierai la formation des différents types, non point isolément, mais en les groupant suivant les familles auxquelles ils appartiennent, et je montrerai brièvement comment la même modification fondamentale peut se prêter à la production d'organisations assez distinctes pour constituer des types déterminés.

[1] Ou du moins, dans quelques cas, son état rudimentaire qui l'empêche de fonctionner comme moteur d'un appareil circulatoire.



Toutes les familles établies par Is. Geoffroy Saint-Hilaire dans l'ordre des monstres autosites sont parfaitement naturelles et doivent être conservées telles qu'elles sont établies dans le *Traité de tératologie*. Il faudra seulement y ajouter une famille nouvelle pour le type si curieux des omphalocéphales, que j'ai découvert et qui se distingue très nettement de tous les types déjà connus.

Dans l'ordre des monstres omphalosites la découverte de deux types nouveaux assez distincts des autres, l'*hétéroïde* et le *céphalide*, non décrits par Is. Geoffroy Saint-Hilaire, conduiront peut-être un jour les tératologistes à créer une ou deux familles nouvelles. Actuellement, cette création serait prématurée, car il n'est pas impossible que de nouveaux types, encore inconnus, viennent s'ajouter à ceux que nous connaissons déjà, et nous faire entrevoir des relations nouvelles entre toutes ces monstruosités.

L'arrangement des familles de la monstruosité simple présente un fait très intéressant et que je dois signaler dès à présent. J'en donnerai plus loin la démonstration.

L'ordre dans lequel Is. Geoffroy Saint-Hilaire dispose les diverses familles de la classe des monstres unitaires, quand on le prend en sens inverse, est très exactement l'ordre dans lequel apparaissent dans l'embryon les différents types de la monstruosité simple. Et ce fait s'explique facilement, puisque presque toutes les monstruosités simples, comme je l'ai déjà dit et comme je le prouverai plus tard, ont un même fait initial, l'arrêt de développement. Or les types monstrueux diffèrent suivant l'époque plus ou moins reculée où l'arrêt de développement se produit. La série des monstres unitaires forme donc, pour employer le langage d'Is. Geoffroy Saint-Hilaire, une *série parallèle* à celle des phases successives que traverse l'embryon.

Il n'y a qu'une seule modification à faire à cet arrangement des types de la monstruosité simple, c'est le changement de place des monstres syméliens, qui doivent être placés à la suite des monstres ectroméliens, ou bien avant eux, si l'on prend la série tératologique dans l'ordre où la prenait Is. Geffroy Saint-Hilaire. Il est évident que la fusion des membres postérieurs, qui caractérise la symélie, est postérieure à l'apparition de ces membres. Par conséquent, si l'on prend la série dans l'ordre synthétique, c'est-à-dire en suivant l'ordre même des développements, on doit placer les monstres syméliens après les ectroméliens. Si, comme l'a fait Is. Geoffroy Saint-Hilaire, on procède par voie analytique, c'est-à-dire en remontant peu à peu jusqu'au

point de départ des formations animales, on doit placer les syméliens avant les ectroméliens. Pour mieux faire comprendre ma pensée, je me servirai d'une comparaison vulgaire, mais très significative. En ordonnant sa série, Is. Geoffroy Saint-Hilaire remontait le cours du fleuve, tandis que je le descends. Sans doute, Is. Geoffroy Saint-Hilaire avait raison d'agir ainsi, il y a quarante ans, car il marchait du connu vers l'inconnu. Mes études, entièrement fondées sur la tératogénie, me permettent de suivre l'ordre inverse, qui est l'ordre naturel.

§ 3.

La classe des monstres doubles contient tous les monstres qui présentent, en totalité ou en partie, les éléments de deux individus.

Is. Geoffroy Saint-Hilaire considère les monstres doubles comme résultant toujours de l'union ou de la fusion de deux embryons primitivement distincts; il part de cette notion pour justifier l'établissement d'une classe particulière. Mais cette opinion n'est pas généralement acceptée. Celle qui est encore aujourd'hui la plus répandue considère les monstres doubles comme provenant d'embryons simples, partiellement divisés. Évidemment, si cette dernière hypothèse était vraie, les êtres que l'on désigne sous le nom de *monstres doubles* devraient être rattachés à la classe des monstres simples.

Je partage absolument l'opinion d'Is. Geoffroy Saint-Hilaire sur la dualité essentielle des monstres doubles; mais je la conçois d'une manière un peu différente. Il y a incontestablement des types de la monstruosité double qui résultent de la fusion plus ou moins complète de deux embryons primitivement distincts. Mais il y en a d'autres auxquels cette explication ne peut s'appliquer, où l'organisme, dès son apparition dans le blastoderme, est unique et ne présente que tardivement des traces de dualité. J'ai, pour ma part, la conviction qu'il existe alors dans le germe deux centres de formation embryonnaire, mais que ces centres s'unissent entre eux de très bonne heure, de telle sorte qu'il se produit un organisme unique, bien que résultant en réalité de la fusion primitive des éléments de deux individus. Ces considérations, que je discuterai plus tard, justifient parfaitement l'établissement de la classe des monstres doubles, telle que l'avait établie Is. Geoffroy Saint-Hilaire[1].

[1] Certains types de la famille des monstres polyméliens, les Mélomèles par exemple, sur la formation desquels nous n'avons encore aucune notion précise, devront peut-être être retranchés de la classe des monstres doubles. Mais ce sont les seuls dont la place dans la classification est encore indécise.



Is. Geoffroy Saint-Hilaire répartit les différents types de monstres doubles en deux ordres qu'il désigne sous les noms de monstres doubles *autositaires* et de monstres doubles *parasitaires*, suivant que les deux sujets composants sont également ou inégalement développés. Dans le second ordre, l'embryon moins développé que son conjoint reproduit très exactement l'un des types des monstres simples omphalosites. Is. Geoffroy Saint-Hilaire en fait justement la remarque; mais il n'en a pas vu la cause. Ce fait s'explique très naturellement, puisque les omphalosites ne peuvent se développer complètement que lorsqu'ils se sont produits dans un œuf unique avec un frère jumeau. Il en résulte tantôt que l'omphalosite reste complètement séparé de son frère bien conformé; et tantôt, au contraire, qu'il s'unit avec lui pour former un organisme unique. Je reviendrai plus loin sur cette question. Pour le moment, je me borne à signaler que l'histoire des monstres doubles parasitaires se lie nécessairement, et par des liens très intimes, à celle des monstres omphalosites. Il y a même des cas où la distinction entre les monstres doubles parasitaires et les monstres omphalosites devient à peu près impossible.

L'arrangement en familles des types de la monstruosité double résulte du mode d'union des sujets composants. Cet arrangement, qui repose sur une analyse exacte de l'organisation des monstres doubles, doit être évidemment conservé, sauf quelques modifications de détail.

C'est ainsi que l'on ne peut pas conserver la première famille de monstres doubles, celle des *Monstres eusomphaliens*, famille qui comprend les trois types qu'Is. Geoffroy Saint-Hilaire désigne sous les noms de *pygopage*, *métopage* et *céphalopage*, et qu'il caractérise par l'existence de deux ombilics distincts, tandis que tous les autres types de la monstruosité double n'ont qu'un seul ombilic [1]. Cette famille est entièrement artificielle. Les Pygopages, résultant de la fusion profonde de deux embryons, ne sont, en aucune façon, com-

[1] Is. Geoffroy Saint-Hilaire attachait une grande importance à l'existence de deux ombilics. Je ne crois pas, pour ma part, que ce fait constitue, en réalité, un caractère dominateur. On l'a rencontré dans certains monstres doubles appartenant à d'autres familles. C'est ainsi que Joly a constaté l'existence de deux ombilics chez un monstre iléadelphe. (Voir Joly, *Une lacune dans la série tératologique remplie par la découverte du genre Iléadelphe*, dans les *Mémoires de l'Ac. de Toulouse*. 1875.) Is. Geoffroy Saint-Hilaire lui-même avait d'ailleurs signalé l'existence de deux ombilics dans le genre *Synadelphe* de la famille des Monocéphaliens; seulement ces deux ombilics diffèrent essentiellement de ceux des monstres Eusomphaliens parce qu'ils sont formés tous les deux d'éléments appartenant par moitié à chacun des sujets composants.

parables aux Métopages et aux Céphalopages où l'union est entièrement superficielle. Les premiers doivent évidemment former une famille à part, ou peut-être se rattacher aux monstres sysomiens avec lesquels ils présentent des traits nombreux de ressemblance. Il y a également une autre famille, celle des monstres monocéphaliens, qui n'a pas été déterminée d'une manière précise, et qui pourra quelque jour être modifiée. Il n'y a, dans cette famille, qu'un type actuellement bien connu, celui des Déradelphes. Or ce type se rattache, d'une manière bien évidente, à ceux qui composent la famille des monstres Sycéphaliens. Les autres types de cette famille sont beaucoup trop peu connus pour qu'il soit possible actuellement de leur assigner leur véritable place. Mais il me paraît très probable que les Synadelphes appartiennent à un type complètement différent des Déradelphes d'une part, des Thoradelphes et des Iléadelphes de l'autre. Il est probable également que les Ischiopages devront être séparés des autres Monomphaliens, avec lesquels ils n'ont que des ressemblances éloignées.

Si nous dépassons les limites des familles pour arriver à la dénomination des types, nous verrons que les types établis par Isidore Geoffroy Saint-Hilaire doivent généralement être maintenus. Je ne vois, dans cette classification, qu'un seul type, celui des Xiphopages, qui ne peut pas être conservé tel qu'il est établi dans le *Traité de tératologie*, et qui doit être scindé en deux types distincts [1].

Quand nos connaissances sur la genèse de chacun des types de la monstruosité double seront complètes, on pourra certainement les ordonner en séries suivant l'époque de leur formation. Cette époque est évidemment très différente pour les différents types, puisque, dans certains d'entre eux, l'union est postérieure à la formation des embryons, tandis que, dans d'autres, elle la précède très probablement. Pour le moment, toute tentative de ce genre serait prématurée.

§ 4.

Les critiques que je viens de faire de la classification tératologique d'Isidore Geoffroy Saint-Hilaire ne portent que sur des points de détail; elles ne la modifient en rien d'essentiel. C'est que cette classification est vraiment naturelle et qu'elle donne une expression très

[1] Je discute cette question plus loin. Voir, dans la 3e partie, le chapitre où je m'occupe de la formation des différents types de la monstruosité double.

exacte des rapports des types tératologiques. Or une classification naturelle n'est pas seulement un moyen de grouper les objets auxquels elle s'adresse; elle est surtout, et c'est là son principal avantage, un instrument de recherche, parce qu'elle contient implicitement un grand nombre de faits qui peuvent rester longtemps inaperçus jusqu'à ce qu'une découverte inattendue vienne les mettre en lumière. Il n'est pas nécessaire d'insister sur ces considérations. Elles seront parfaitement comprises de tous les naturalistes.

Pour ma part, je me ferai toujours un devoir de reconnaître que mes expériences tératogéniques m'auraient appris peu de chose, et seraient presque restées stériles, si la classification tératologique ne m'avait permis, toutes les fois que j'ai trouvé un fait nouveau, de le mettre immédiatement à sa place, et d'en déduire toutes les conséquences, même les plus éloignées. Je n'aurais fait sans elle que des observations isolées dont je n'aurais pu saisir les relations. Si je puis aujourd'hui publier un travail d'ensemble sur la tératogénie, travail dont toutes les parties se tiennent et se lient entre elles, je le dois uniquement à cette œuvre, l'un des monuments scientifiques les plus remarquables de notre siècle. Je dois ce témoignage à la mémoire de l'illustre savant qui, pendant sa vie malheureusement trop courte, m'a donné tant de preuves de son affectueuse sympathie.

NOTE A

Le bec-de-lièvre ne peut se produire chez les oiseaux puisqu'ils sont privés de lèvres. Mes études tératogéniques ne m'ont donc rien appris sur son mode de formation. Mais l'embryogénie, dans son état actuel, nous renseigne sur l'origine de cette anomalie. C'est évidemment, quoi qu'on en ait dit, un arrêt de développement.

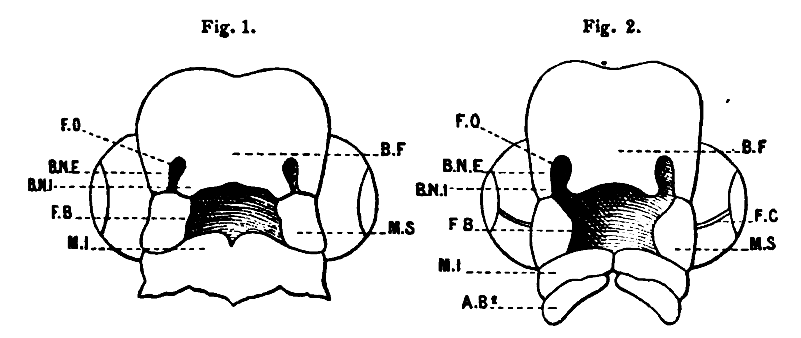
Assurément, quand on étudie la formation des lèvres sur des embryons normaux, même très jeunes, on voit toujours ces voiles membraneux continus dès leur origine. On est parti de ce fait (voir Cruveilhier, *Anat. descriptive*, 2 éd., t. III, p. 169) pour nier le rôle de l'arrêt de développement dans la formation du bec-de-lièvre. Jamais on n'observe, pendant la vie embryonnaire normale, les fentes labiales qui le caractérisent à l'extérieur.

Il est facile de répondre à cette objection. La formation du bec-de-lièvre est antérieure à la formation des lèvres; elle résulte d'un défaut de soudure entre deux des trois éléments qui doivent produire la mâchoire supérieure, le blastème médian qui produira l'intermaxillaire et l'un des blastèmes latéraux qui produiront les maxillaires supérieurs.



Il est facile de s'en rendre compte à l'aide des figures ci-jointes que j'emprunte à l'*Embryologie* de Koelliker.

Fig. 1. Fig. 2.



Ces figures représentent deux têtes d'embryons de poulets : l'une de la fin du quatrième jour (fig. 1), et l'autre du commencement du cinquième (fig. 2). BF, bourgeon frontal; BNI, bourgeon nasal interne; BNE, bourgeon nasal externe; FO, fossette olfactive; FB, fosse buccale; MS, maxillaire supérieur; MI, maxillaire inférieur; AB², deuxième arc branchial.

L'inspection de ces dessins montre que, dans la tête la plus jeune (fig. 1), le blastème qui formera le maxillaire supérieur est à une certaine distance du bourgeon nasal interne ; tandis que ces deux parties sont soudées dans la figure 2. Le bec-de-lièvre résulte de la permanence du premier état. Lorsque ces blastèmes restent isolés, les lèvres qui sont un prolongement de ces blastèmes se constituent également par segments isolés : tandis qu'elles forment un voile continu, lorsque la soudure des blastèmes s'est produite antérieurement.

Dans ces dernières années M. Albrecht a donné une autre théorie du-bec-de-lièvre. Il admet que l'origine du bec-de-lièvre proviendrait de la persistance de la fente qui termine inférieurement au début la fossette olfactive bordée par le bourgeon nasal interne BNI et par le bourgeon externe BNE. Je ne puis, pour le moment, me prononcer sur cette question. Je me borne à faire remarquer que cette théorie est fondée, comme l'ancienne, sur l'existence d'un arrêt de développement.

NOTE B

Bien que je laisse de côté, dans ce livre, les faits de pure tératologie, c'est-à-dire la description des anomalies et des monstruosités, je ne puis pas ne pas indiquer ici un monstre excessivement curieux dont je dois la connaissance à M. G. Pouchet.

C'est un agneau nouveau-né et trouvé à l'abattoir. M. Pouchet n'a pu me donner aucun autre renseignement sur son origine. Il est remarquable par une réunion d'adhérences superficielles dont les unes unissent entre eux les principaux segments des membres et dont les autres unissent les membres à diverses parties du tronc et de la tête.

Le membre antérieur droit est détaché de la paroi thoracique ; mais ses trois segments, le bras, l'avant-bras et le canon, sont repliés l'un sur l'autre et soudés

entre eux. Le canon et la face dorsale des doigts sont soudés avec la région occipitale de la tête.

Par suite de cette adhérence de la tête avec l'extrémité du membre antérieur droit, le cou est complètement tordu sur lui-même, et la tête a éprouvé un changement de position tel que le vertex est en bas, tandis que la région mandibulaire regarde en haut.

Le membre antérieur gauche a ses trois segments également repliés l'un sur l'autre et soudés entre eux ; de plus, ils sont soudés avec la paroi thoracique.

L'oreille droite, un peu plus petite que la gauche, est soudée avec la partie inférieure du membre antérieur gauche.

Le membre postérieur gauche a tous ses segments, sauf le canon, repliés et soudés entre eux et avec la paroi du corps.

La soudure des segments du membre postérieur droit est un peu moins complète, car la jambe et le pied sont libres. La queue est soudée avec le membre postérieur droit.

Les deux membres postérieurs sont unis entre eux par une bande cutanée, qui s'unit sur la ligne médiane à une autre bande cutanée longitudinale qui pourrait bien être le fourreau.

Toutes ces adhérences sont recouvertes par la peau, qui est partout couverte de laine.

Je n'ai pas disséqué cet animal, mais il ne présentait à l'extérieur aucun indice d'anomalies internes ou de monstruosités.

Bien que je n'aie aucun autre document sur ce monstre j'y trouve, d'une manière bien évidente, la preuve d'une pression extérieure qui, s'exerçant sur toute la surface du corps, aurait maintenu les parties en contact et déterminé leur adhérence. L'agent de cette pression ne peut être évidemment que l'amnios qui, bien qu'entièrement formé, serait resté appliqué sur le corps, au moins pendant un certain temps.

C'est également à cette cause que j'attribue la soudure de l'occiput au sacrum dans le petit embryon humain conservé au musée Dupuytren. Le renversement de la tête en arrière résulte manifestement d'un arrêt de développement du capuchon céphalique. Le musée Dupuytren possède d'autres faits semblables présentés par des fœtus anencéphales chez lesquels les pièces de l'occipital sont soudées avec des pièces de la colonne vertébrale.

NOTE C

La pièce tératologique, signalée dans le texte, est un agneau mort-né, dont je dois également la connaissance à M. G. Pouchet. Elle est conservée dans la collection tératologique du Muséum. J'en possède, dans mon laboratoire, un moule en plâtre, très bien fait, que je dois à M. Chudzinsky, membre de la Société d'anthropologie.

Ce fœtus de mouton présente des déviations de toute sorte.

La tête est complètement renversée en arrière et à droite, de telle façon que le museau vient s'appliquer contre la partie de l'amnios qui enveloppe les membres postérieurs. Les membres antérieurs, complètement soudés, dans la région humérale, avec les parois thoraciques, présentent, dans la région de l'avant-bras et des pieds, de nombreuses torsions qui font que leurs doigts viennent s'appliquer sur



le museau où ils ont laissé leur empreinte. Les doigts des membres postérieurs sont complètement renversés d'avant en arrière.

Ces faits seraient assurément peu dignes d'intérêt en eux-mêmes si la pièce tératologique ne laissait voir, de la manière la plus évidente, leur mode de formation.

En effet, l'amnios, complètement adhérent avec la peau de l'embryon, dans une grande partie de la région cervicale et de la région dorsale, n'a pu être enlevé en totalité. Un lambeau persistant de cette membrane forme une sorte de gaine qui enveloppe et comprime les pattes postérieures : c'est cette compression qui a manifestement renversé en arrière les doigts des pattes postérieures. Cette gaine est elle-même soudée avec un lambeau du capuchon céphalique, qui a été ainsi renversé en arrière et latéralement, et qui a entraîné la tête avec lui. Le cordon ombilical se trouve engagé dans cette adhérence, qui unit entre elles la partie céphalique et la partie caudale de l'amnios.

Les adhérences de l'amnios avec la peau de l'embryon établissent, avec une complète évidence, que la date de ces événements tératologiques est très ancienne; car elles n'ont pu se produire que lorsque la peau n'était pas définitivement constituée, et ne s'était pas encore revêtue de ses poils laineux.

Cette pièce présente donc la réalisation complète des idées que je professe depuis longtemps sur la tératogénie. Elle montre comment les déviations, et particulièrement le pied bot congénital, l'une des anomalies les plus fréquentes dans l'espèce humaine, sont la conséquence de la compression du corps de l'embryon par l'amnios arrêté dans son développement.

NOTE D

Il n'y a pas de fait plus important et, en même temps, plus dramatique, dans l'histoire de la zoologie, que la discussion de Cuvier et de Geoffroy Saint-Hilaire, en 1830. Les idées complètement opposées que ces deux illustres savants soutinrent alors, devant l'Académie des sciences, étaient la conséquence nécessaire, bien que très probablement ils ne s'en fussent pas rendu compte, de la manière dont ils étaient arrivés sur la fin de leur carrière à se représenter l'origine des êtres vivants, Cuvier s'étant rallié à la doctrine de la préexistence des germes, et Geoffroy Saint-Hilaire adoptant la doctrine de l'épigenèse.

Cuvier avait hésité longtemps. On s'en assure en voyant comment il s'exprima sur cette question à des époques différentes.

En 1805 (*Leçons d'anatomie comparée*, t. V, p. 5), il était absolument indécis. Mentionnant les questions relatives à la génération, il disait : *Ce sont des questions entièrement insolubles pour nous dans l'état actuel de nos connaissances, et quoiqu'elles aient longtemps agité les physiologistes, il semble que l'on est aujourd'hui convenu d'en abandonner la discussion.*

Le passage, que j'ai cité dans le texte (p. 220), du rapport de Cuvier sur les premiers travaux de Geoffroy Saint-Hilaire, et qui date de 1807, prouve manifestement que Cuvier était alors très disposé à admettre la formation des êtres vivants par des causes naturelles.

C'est seulement en 1808 qu'on le voit se rapprocher de la doctrine de la préexistence. Dans les notes qu'il ajouta au poème de Delille, *les Trois Règnes de la nature*, on lit la phrase suivante : *La génération des êtres organisés sera toujours*

le mystère le plus incompréhensible de la physique; mais on ne peut disconvenir que, de tous les systèmes imaginés pour l'expliquer, celui de la préexistence des germes ne soit le plus tranquillisant pour l'imagination. Il ne fait que reculer la difficulté, mais il la reporte si loin qu'elle semble disparaître.

Ce ne fut qu'en 1817 qu'il se prononça définitivement pour la doctrine de la préexistence. (*Règne animal*, 1re édition, p. 20.)

Quant à Geoffroy Saint-Hilaire, il ne prit parti sur cette question qu'en 1822. (*Philosophie anatomique*, t. II, p. 478 et suiv.) Ce fut à l'occasion de ses premiers travaux sur les monstruosités, et lorsqu'il se trouva en présence de l'hypothèse des germes originairement monstrueux. Toutefois il est possible que la doctrine de l'épigenèse ait été beaucoup plus ancienne dans son esprit. Les expériences qu'il avait commencées en Égypte avaient pour but de combattre l'hypothèse de la préexistence des sexes, hypothèse qui n'est en réalité qu'un des côtés de la doctrine générale de la préexistence des germes.

Il est fort intéressant de voir comment ils arrivèrent à des opinions si opposées, puisque la doctrine de la préexistence des germes, adoptée définitivement par Cuvier, reléguait la question de la formation des êtres vivants dans une région absolument inaccessible à la science, tandis que la doctrine de l'épigenèse faisait de la formation des êtres vivants une question purement scientifique, et devant être abordée par des méthodes exclusivement scientifiques.

Rappelons tout d'abord, à ce sujet, qu'ils n'avaient, ni l'un ni l'autre, étudié directement la question de la génération, et qu'ils étaient complètement étrangers à l'embryogénie. La formation et le développement du germe dans les êtres vivants sont des faits qu'il est absolument impossible d'étudier à la vue simple et qui exigent impérieusement l'emploi du microscope. Mais cet instrument, tel qu'on l'employait au XVIIIe siècle, et bien qu'on lui dût, dès cette époque, un nombre considérable de découvertes, était très imparfait et comportait de nombreuses causes d'erreur. Aussi tomba-t-il dans un discrédit complet. Il ne reprit son importance que lorsque les perfectionnements dont il fut l'objet, et surtout la construction des lentilles achromatiques, purent donner aux micrographes une confiance complète dans l'emploi de leur instrument.

A défaut d'études directes sur le phénomène de la génération, Cuvier et Geoffroy Saint-Hilaire ne pouvaient donc se faire des idées sur l'origine des êtres vivants, qu'en les déduisant de leurs études anatomiques.

Or, quand on étudie l'anatomie comparée, on peut se placer à deux points de vue, le point de vue physiologique et le point de vue morphologique. Dans le premier, on se préoccupe, avant tout, des formes et des fonctions des organes ; dans le second, de leur structure et des éléments qui les constituent. Assurément, ces deux points de vue, bien que très différents, ne sont en aucune façon inconciliables. Il n'y a de science anatomique complète que celle qui embrasse, dans une même pensée, toutes les questions, si diverses qu'elles soient, que soulève l'étude de l'organisation. Mais, dans la réalité, les anatomistes sont conduits, par la nature même de leur esprit, à faire prédominer, dans leurs recherches, tantôt la considération des formes et des fonctions, tantôt la considération de la structure et des éléments organiques. Dans ma carrière scientifique, déjà bien longue, j'ai eu, maintes fois, l'occasion de faire cette remarque.

Cuvier s'était placé au point de vue physiologique, et il fut ainsi conduit à découvrir la loi de la corrélation des organes. Dans l'antiquité grecque, les médecins avaient signalé les harmonies physiologiques de l'organisation animale, harmonies qui sont la condition même de l'unité de la vie, comme Hippocrate l'exprima dans un aphorisme célèbre (voir plus loin l'histoire des monstres omphalosites). Cuvier compléta cette notion en montrant que les harmonies

physiologiques sont la conséquence nécessaire d'harmonies anatomiques. Si l'unité de la vie résulte d'un ensemble de fonctions diverses, mais concourant à un même but, l'unité de l'organisation résulte elle-même d'un ensemble d'organes divers, mais coordonnés entre eux comme toutes les parties d'une machine. *Tout être organisé*, disait-il, *forme un ensemble, un système unique et clos dont les parties se correspondent mutuellement, et concourent à la même action définitive par une réaction réciproque. Aucune partie ne peut changer sans que les autres changent aussi; et, par conséquent, chacune d'elles, prise séparément, indique et donne toutes les autres.* (*Discours sur les révolutions du globe*, p. 178, 4e édit.) Il résulte de cette dépendance mutuelle que toutes les parties de l'organisation d'une espèce présentent des formes corrélatives.

Cette loi des harmonies anatomiques ou de la corrélation des organes, Cuvier la découvrit presque au début de sa carrière. On la trouve très nettement énoncée dans un de ses premiers mémoires. (*Mémoire sur la structure interne et externe et sur les affinités des animaux auxquels on a donné le nom de Vers*, 1795.) Ce fut le point de départ de tous ses travaux scientifiques. C'est par son emploi qu'il remania la classification du règne animal, qu'il reconstitua l'organisation des êtres qui ont laissé leurs débris fossiles dans les couches sédimentaires de la surface du globe, qu'il prépara les éléments d'un grand Traité d'anatomie auquel il travailla toute sa vie, mais que la mort l'empêcha d'écrire.

Quant à Geoffroy Saint-Hilaire, il se plaça, dès son entrée dans la science, au point de vue morphologique. Il écrivait en 1796 : *Les formes, dans chaque groupe d'animaux, quelque variées qu'elles soient, résultent toutes, au fond, d'organes communs à tous; la nature se refuse à en employer de nouveaux.* (*Mémoire sur les Makis.*) Cette phrase est la préface de toute son œuvre. Dans ses études d'anatomie comparée, il rechercha toujours les analogies cachées sous les différences apparentes, les éléments semblables et semblablement disposés qui constituent les organes qui nous semblent les plus divers.

J'ai eu la pensée de mettre en parallèle la vie scientifique de Cuvier et celle de Geoffroy Saint-Hilaire, de faire l'histoire de leurs travaux et de leurs idées, de montrer comment, par suite de la différence de leur point de départ dans l'étude de l'anatomie comparée, ils s'écartèrent peu à peu l'un de l'autre, et finirent par se trouver en opposition complète. Mais l'extension que ce travail a prise m'oblige à le réserver pour une publication spéciale. Je me bornerai donc à montrer comment Cuvier fut conduit, par la notion qu'il se faisait de l'organisation animale, à donner une adhésion complète à la doctrine de la préexistence, et comment Geoffroy Saint-Hilaire serait arrivé à la doctrine de l'épigenèse, si cette doctrine, comme cela est probable, n'avait pas été celle de toute sa vie.

Il est bien évident que la corrélation des organes n'implique en aucune façon la préexistence des germes. Cette corrélation est un fait indiscutable; tandis que la préexistence des germes n'est qu'une hypothèse absolument contraire aux faits. L'embryogénie actuelle l'a parfaitement prouvé. Nous savons aujourd'hui, de science certaine, par tous les travaux qui ont suivi les essais de Wolff au siècle dernier, que les germes se produisent par les lois naturelles, et qu'ils produisent eux-mêmes les embryons. Aujourd'hui l'épigenèse est un fait démontré et aussi indiscutable que la corrélation organique.

Mais ce que nous sommes loin de connaître, encore aujourd'hui, c'est comment s'établit, dans l'embryon, la corrélation des différentes parties qui le constituent. Nous savons, comme je l'ai dit déjà (p. 189), que cette corrélation n'apparaît qu'à une certaine époque de la vie embryonnaire. L'histoire des monstres omphalosites le prouve complètement. Les différentes parties qui composent l'embryon, à son début, n'ont entre elles aucune solidarité. Ce n'est qu'à une certaine époque, et très

probablement après l'établissement de la circulation, que les différents organes peuvent agir et réagir les uns sur les autres.

On comprend donc comment, en l'absence de connaissances embryogéniques précises, la notion de la corrélation organique conduisit Cuvier à adopter la doctrine de la préexistence. Les harmonies anatomiques, qui étaient pour lui le principe fondamental de l'organisation des animaux, s'expliquaient de la façon la plus simple, si on les considérait comme préétablies, c'est-à-dire comme existant réellement dans le germe, dès l'époque de sa production par la puissance créatrice. Or j'ai montré dans l'introduction (p. 6 et suiv.), comment la doctrine de la préexistence des germes, doctrine absolument hypothétique, était entrée dans la science comme un fait d'observation.

On voit, dès lors, comment la doctrine de la préexistence conduisit Cuvier à admettre la différence essentielle des êtres vivants, puisque leur organisation aurait été produite, dès leur origine, par la puissance créatrice, et l'immutabilité absolue de cette organisation, car la moindre modification changeant les conditions du rôle que chaque espèce doit jouer dans l'ensemble des choses, aurait dérangé, d'une manière irréparable, l'équilibre du monde.

Quant à Geoffroy Saint-Hilaire, la doctrine de l'épigenèse était en parfait accord avec ses théories anatomiques. Si l'on admet l'analogie essentielle de toutes les organisations qui appartiennent à une même classe, à un même embranchement, il faut bien admettre que cette organisation se modifie, pendant l'évolution embryonnaire, pour produire les différentes espèces; et ces modifications, absolument inadmissibles dans la doctrine de la préexistence, ne peuvent se comprendre que lorsqu'on la rejette complètement. Les travaux embryogéniques de Baer, en démontrant que les analogies essentielles de l'organisation sont des faits primitifs, tandis que les différences n'apparaissent que consécutivement, ont pleinement justifié, à cet égard, les idées de Geoffroy Saint-Hilaire sur l'épigenèse.

A une certaine époque de sa vie scientifique, et lorsqu'il n'avait pas encore donné son adhésion à la doctrine de la préexistence, Cuvier, tout en restant fidèle à ses idées anatomiques, avait admis, dans une certaine mesure, les résultats des premiers travaux de Geoffroy Saint-Hilaire : il acceptait, par exemple, les découvertes de ce dernier sur l'unité de composition de la tête osseuse des animaux vertébrés. (Voir le mémoire déjà cité de Geoffroy Saint-Hilaire, *Considérations sur les pièces de la tête osseuse des animaux vertébrés, et particulièrement sur celles du crâne des Oiseaux*, 1807; et le mémoire de Cuvier : *Sur la composition de la tête osseuse des animaux vertébrés*, 1812.) Lorsque Cuvier se fut rallié à l'hypothèse de la préexistence des germes, tout accord entre leurs doctrines anatomiques devint impossible.

NOTE E

Je donne ici le tableau de la classification tératologique, telle qu'elle a été établie par Is. Geoffroy Saint-Hilaire, dans le *Traité de tératologie*, tableau indispensable pour l'interprétation des faits tératogéniques. Mais, pour ne pas donner à cette note une étendue beaucoup trop grande, je crois devoir ne pas mentionner les diagnoses des classes, ordres, familles et genres. Je ne puis, à cet égard, que renvoyer au livre même où elles sont consignées.

ANOMALIES
- simples. Hémitéries.
  - Variétés de conformation.
  - Vices de conformation.
- graves.
  - Hétérotaxies.
  - Hermaphrodismes.
  - Monstruosités.

Premier embranchement. — Hémitéries.

ANOMALIES RELATIVES
- Au volume.
  - Anomalies de taille.
    - Diminution générale.
    - Augmentation générale.
  - Anomalies de volume proprement dites.
    - Diminution partielle portant
      - sur les régions.
      - sur les systèmes.
      - sur les organes.
    - Augmentation partielle portant
      - sur les régions.
      - sur les systèmes.
      - sur les organes.
- A la forme, portant
  - sur les régions.
  - sur les organes.
- A la structure.
  - Anomalies de couleur.
    - Diminution.
    - Augmentation.
  - Anomalies de structure proprement dites.
    - Altération.
    - Ramollissement.
    - Induration.
- A la disposition
  - Anomalies par déplacement
    - des organes splanchniques. Déplacements
      - intérieurs
        - partiels.
        - généraux.
      - herniaires.
    - des organes non splanchniques. Déplacements
      - partiels.
      - généraux.
  - Anomalies par changement de connexions.
    - Articulations anomales.
    - Implantations anomales.
    - Attaches anomales.
    - Embranchements anomaux.
    - Embouchures anomales
      - des vaisseaux.
      - des conduits excréteurs des glandes.
      - des canaux splanchniques.
  - Anomalies par continuité.
    - Imperforations anomales.
    - Réunions anomales d'organes
      - similaires.
      - analogiques.
      - dissimilaires.
  - Anomalies par cloisonnement.
  - Anomalies par disjonction.
    - Perforations anomales.
    - Divisions anomales.
- Au nombre et à l'existence.
  - Anomalies par diminution numérique portant sur
    - des parties d'organes.
    - des organes
      - doubles.
      - multiples.
      - uniques.
  - Anomalies par augmentation numérique portant sur
    - des parties d'organes.
    - des organes
      - doubles.
      - multiples.
      - uniques.

Remarques. — Les hétérotaxies présentent des types trop peu nombreux pour nécessiter une subdivision.

Quant aux hermaphrodismes, la division donnée par Is. Geoffroy Saint-Hilaire n'est plus en rapport avec la science actuelle. Je ne la mentionne pas, n'ayant pas à en faire usage.

4e Embranchement. — Monstruosites.

Première classe. — *Monstres unitaires.*

Ordre I. Monstres autosites	Tribu I.	Famille I.	*Ectroméliens*..	Phocomèle. Hémimèle. Ectromèle.
		Famille II.	*Syméliens*....	Symèle. Uromèle. Sirénomèle.
	Tribu II.	Famille unique.	*Célosomiens*..	Aspalasome. Agénosome. Cyllosome. Schistosome. Pleurosome. Célosome.
	Tribu III.	Famille I.	*Exencéphaliens*.	Notencéphale. Proencéphale. Podencéphale. Hyperencéphale. Iniencéphale. Exencéphale.
		Fam. II.	*Pseudencéphaliens*.	Nosencéphale. Thlipsencéphale. Pseudencéphale.
		Famille III.	*Anencéphaliens*.	Dérencéphale. Anencéphale.
	Tribu IV.	Famille I.	*Cyclocéphaliens*.	Ethmocéphale Cébocéphale. Rhinocéphale Cyclocéphale. Stomocéphale.
		Famille II.	*Otocéphaliens*.	Sphénocéphale. Otocéphale. Edocéphale. Opocéphale. Triocéphale.

Ordre	Tribu	Famille		Genres
Ordre II. Monstres omphalosites.	Tribu I.	Famille I.	*Paracéphaliens.*	Paracéphale. Omacéphale. Hémiacéphale
		Famille II.	*Acéphaliens..*	Acéphale. Peracéphale. Mylacéphale.
	Tribu II.	Famille unique.	*Anidiens.....*	Anide.
Ordre III. Monstres parasites		Famille unique.	*Zoomyliens...*	Zoomyle.

Deuxième classe. — *Monstres doubles.*

Ordre	Tribu	Famille		Genres
Ordre I. Monstres autositaires.	Tribu I.	Famille I.	*Eusomphaliens.*	Pygopage. Métopage. Céphalopage.
		Famille II.	*Monomphaliens.*	Ischiopage. Xiphopage. Sternopage. Ectopage. Hémipage.
	Tribu II.	Famille I.	*Sycéphaliens..*	Janiceps. Iniope. Synote.
		Famille II.	*Monocéphaliens.*	Déradelphe. Thoradelphe. Iléadelphe. Synadelphe.
	Tribu III.	Famille I.	*Sysomiens....*	Psodyme. Xiphodyme. Dérodyme.
		Famille II.	*Monosomiens..*	Atlodyme. Iniodyme. Opodyme.
Ordre II. Monstres parasitaires.	Tribu I.	Famille I.	*Hétérotypiens.*	Hétéropage. Hétéradelphe. Hétérodyme. Hétérotype. Hétéromorphe
		Famille II.	*Hétéraliens.*	Epicome.
	Tribu II.	Famille I.	*Paragnathiens.*	Epignathe. Hypognathe. Paragnathe. Augnathe.
		Famille II.	*Polyméliens.*	Pygomèle. Gastromèle. Notomèle. Céphalomèle. Mélomèle.
	Tribu III.	Famille unique.	*Endocymiens..*	Dermocyme. Endocyme.

TROISIÈME PARTIE

TÉRATOLOGIE SPÉCIALE

CHAPITRE I

DUALITÉ NORMALE ET TÉRATOLOGIQUE DU CŒUR

SOMMAIRE : 1° Rapports de la tératogénie et de l'embryogénie normale. — 2° Découverte de la dualité primitive du cœur. — 3° Évolution du mésoderme. — 4° Dualité primitive du cœur dans l'état normal. — 5° Dualité permanente du cœur dans l'état tératologique.

§ 1er.

On lit, dans le *Novum Organum*, la phrase suivante : « Celui qui connaîtra les voies de la nature observera plus facilement les déviations; d'autre part, celui qui connaîtra les déviations, décrira plus exactement les voies de la nature[1]. » Cette phrase de Bacon qui s'applique, dans sa généralité, à tous les êtres naturels, exprime, de la manière la plus nette, les rapports de l'embryogénie normale et de la tératogénie.

La tératogénie présuppose l'embryogénie. Il est évident que la connaissance de l'évolution anormale ne peut résulter que de la connaissance de l'évolution normale. Mais, malgré les innombrables travaux dont elle a été l'objet, l'histoire de l'évolution du poulet a contenu, pendant longtemps, et contient, encore aujourd'hui, de nombreuses lacunes. Cela tient d'abord à une condition inhérente à toutes les sciences d'observation. Tel détail que l'on néglige parce qu'on n'en voit pas immédiatement la signification, suffit souvent pour empêcher d'apprécier, à leur juste valeur, tout un ensemble de faits. Cela tient, en outre, à une condition particulière à l'embryogénie : la rapidité excessive avec laquelle les faits de l'évolution normale se succèdent dans l'embryon, surtout pendant les premiers jours de l'incubation. Il est souvent difficile de les saisir, à l'instant précis où ils se mani-

[1] BACON : « Qui vias naturæ noverit, is deviationes etiam facilius observabit; at rursus qui deviationes noverit, is accuratius vias describet. » (*Novum Organum*, lib. II, cap. XXIX.)

festent, d'autant plus difficile que l'individualité du germe tantôt accélère le développement et tantôt le ralentit[1].

La tératogénie vient alors compléter l'embryogénie. Elle appelle l'attention sur certains détails qui autrement auraient passé inaperçus. D'autre part, elle rend permanentes, par l'arrêt du développement, des particularités transitoires dans l'évolution normale, et que leur courte durée dérobe souvent à l'observateur. La tératogénie devient ainsi l'occasion de découvertes, même en embryogénie.

Jusqu'à présent les personnes qui s'occupent de l'embryogénie normale ont entièrement laissé de côté la tératogénie et les indications qu'elle peut fournir; comme si les faits qui constituent cette branche de la science constituaient, en quelque sorte, un *règne de la nature à part*, ainsi qu'Autenrieth le disait, il y a près d'un siècle, de la pathologie. En fait, l'embryogénie et la tératogénie ne peuvent être séparées; elles doivent se prêter un mutuel concours, et ne sont, en réalité, que deux aspects différents d'une science unique.

Si j'écrivais un traité complet de tératogénie, je devrais donc le faire précéder de l'exposition de tous les faits de l'embryogénie normale. Mais ce serait un immense travail, et qui exigerait un très grand nombre de recherches. Dans le livre actuel je ne me suis proposé que de faire connaître les monstruosités que j'ai rencontrées dans mes expériences, et d'en donner l'explication, à l'aide des documents que fournit l'embryogénie. Je ne m'occuperai donc de l'évolution normale qu'autant qu'elle rend compte de l'évolution anormale, et je renvoie, à ce sujet, mes lecteurs aux notions qu'ils trouveront dans tous les traités d'embryogénie.

Mais je tiens à montrer comment la tératogénie nous révèle des faits nouveaux d'embryogénie normale. Mes expériences tératogéniques m'ont conduit à découvrir, en 1866, le mode de formation du cœur dans l'embryon du poulet, mode de formation qui était complètement inconnu avant moi, et qui a été, depuis, retrouvé dans l'embryon du lapin et dans celui de quelques poissons. J'ai cru devoir mentionner ces faits avec quelques détails, au début de la partie de mon livre où je traite de la formation des monstruosités. Ce sera, du reste, le seul chapitre d'embryogénie normale que j'insérerai dans mon livre.

Peut-être un jour, quand j'aurai multiplié mes observations et mes expériences, j'essayerai d'écrire un traité complet de tératogénie, en

[1] Voir p. 80.

faisant marcher de front l'embryogénie normale et l'embryogénie anormale, en montrant comment elles se pénètrent mutuellement et se prêtent un concours réciproque. Mais actuellement un pareil travail serait prématuré. Pour le moment je dois me borner à faire le récit de mes observations et de mes expériences, en indiquant toutes les conséquences que je crois pouvoir en tirer.

§ 2.

On a signalé, à diverses reprises, l'existence de deux cœurs chez des oiseaux adultes et d'ailleurs bien conformés. Ces faits ont été généralement révoqués en doute [1]. Mais ce doute n'est-il pas exagéré? Et doit-on considérer tous ces faits comme absolument dépourvus d'authenticité? Cette question, il y a vingt-cinq ans, aurait pu paraître étrange. Les observations que j'ai faites sur le mode de formation du cœur m'autorisent du moins à la poser.

Assurément, il n'est pas possible d'admettre, avec Théophraste, que les perdrix de Paphlagonie posséderaient deux cœurs d'une manière normale [2]. De pareils faits n'auraient pu évidemment se présenter que comme des faits exceptionnels. Mais je puis citer une observation beaucoup plus récente, et dont l'authenticité me paraît difficile à nier. Je la cite textuellement, telle qu'elle est rapportée dans l'*Histoire de l'Académie des sciences*.

« M. Plantade, de la Société royale de Montpellier [3], étant à Paris, a trouvé à ses repas, deux fois de suite en assez peu de temps, deux poulets qui avaient chacun deux cœurs. Il donna ceux du dernier à M. Cassini le fils, qui les apporta à l'Académie. M. Littre les examina; il commença à les ramollir dans de l'eau tiède pour les mettre en état d'être disséqués. Ils étaient égaux entre eux et seulement tant soit peu plus petits que le cœur d'un poulet du même âge. Ils étaient situés à côté l'un de l'autre, avaient chacun leurs ventricules, leurs oreillettes et tous leurs vaisseaux sanguins comme les cœurs ordinaires, et n'avaient rien de singulier, sinon qu'ils étaient attachés tous deux par

[1] Voir, au sujet de ces faits de dualité du cœur, Is. Geoffroy Saint-Hilaire, *Traité de tératologie*, t. I, p. 725.

[2] Pline, *Historia naturalis*, lib. XI, cap. LXIX. — A. Gellius, *Noctes Atticæ*, lib. XVI, cap. XV.

[3] Plantade était un astronome très éminent, qui fut le fondateur de la Société royale de Montpellier. Il mourut subitement, à 70 ans, sur le pic du Midi, pendant qu'il faisait des observations astronomiques.

leur veine cave inférieure à un des lobes du foie. M. Littre conjectura que le sang du ventricule droit du cœur droit allait dans le poumon droit, et le sang du ventricule gauche du cœur gauche dans le poumon gauche. Quant à l'autre circulation, ou les aortes des deux cœurs pouvaient s'unir et n'en former qu'une, ou l'aorte du cœur droit fournissait du sang aux parties du côté droit, et celle du cœur gauche au côté gauche, ou toutes deux se distribuaient également par tout le corps, de sorte qu'il y avait toujours double artère. Du reste, comme chacun des deux cœurs avait presque autant de force qu'un cœur unique, ce poulet avait deux fois plus de vie qu'un autre, et si un cœur lui manquait, il en avait encore un de relais. Cette conformation, qui, selon ce qu'on a vu, n'est pas apparemment fort rare dans cette espèce, ne doit pas être impossible dans l'homme, et peut-être a-t-elle déjà produit des phénomènes qui ont confondu les physiciens[1]. »

Cette observation, si incomplète qu'elle soit, ne peut, ce me semble, laisser aucun doute, même aux esprits les plus sceptiques. Il ne faut pas oublier que Littre était incontestablement l'un des premiers anatomistes de son temps.

Il y a également des observations analogues de Sœmmering et de Meckel sur l'oie. Meckel les rapporte sans aucun détail; il dit seulement qu'il a observé la dualité du cœur sur une oie pendant un repas[2]. Sans doute, il n'y a là qu'une simple allégation. Peut-on cependant contester l'allégation d'un anatomiste comme Meckel, lorsqu'il dit avoir rencontré deux cœurs?

Ces faits ont été observés chez des oiseaux. Je n'en connais qu'un seul dans l'espèce humaine; mais, si incomplète que soit sa description, elle présente toutes les garanties d'authenticité. Elle appartient à un chirurgien nommé Collomb, dont le nom est aujourd'hui complètement oublié, mais qui était un praticien instruit, et qui même professa la chirurgie à Lyon. Cette observation fut faite sur un monstre opocéphale qui avait vécu deux heures, et qui fut disséqué par Collomb. Je cite textuellement ses paroles: « J'ouvris la poitrine, et nous y trouvâmes deux cœurs enveloppés chacun d'un péricarde; leurs pointes étaient tournées, l'une du côté droit, l'autre du côté gauche;

[1] Fontenelle, *Histoire de l'Acad. des sciences*, 1709, p. 16.

[2] Meckel, *De duplicitate monstrosa commentarius*, 1815, p. 54. « Sœmmering itidem cor anserinum observavit duplex, nosque ipsi tale coram habemus, in ansere simplici; sed, proh dolor! inter cœnam tantum jam elixum quod fuit repertum. »



les vaisseaux qui en partaient et qui s'y rendaient étaient nécessairement doubles; mais ils se réunissaient à neuf lignes environ de distance du cœur pour ne former ensuite que les troncs ordinaires[1]. »

En 1860, la question entra dans une phase nouvelle. M. Panum signala l'existence de deux cœurs sur des embryons monstrueux de poulets[2]. Les observations de M. Panum, fort développées, ne pouvaient laisser aucun doute. Toutefois ce physiologiste, tout en décrivant ces faits, n'en comprit point la signification. Il expliqua la formation des deux cœurs par la division d'un organe primitivement unique. C'est précisément, je vais le montrer, le contraire de ce qui se passe dans la réalité.

J'eus moi-même, en 1863, l'occasion d'observer un fait de ce genre[3]. En 1864, ces faits se reproduisirent assez fréquemment dans une série d'expériences dont le but était de déterminer l'influence que les températures relativement basses exercent sur le développement de l'embryon du poulet[4]. Ils me paraissaient étranges. Toutefois, je ne pouvais douter de leur réalité; car le cœur est le premier organe de l'embryon qui manifeste son rôle physiologique par un phénomène spécial, la contractilité, à une époque où la vie des autres organes ne consiste encore que dans la multiplication des cellules. Je voyais battre les deux cœurs, pendant un temps plus ou moins long, sur le blastoderme séparé du jaune, et étalé sur le porte-objet du microscope: je pouvais même, par l'emploi de l'eau chaude, faire reparaître, à plusieurs reprises, les contractions lorsqu'elles avaient cessé depuis un certain temps[5]. J'avais donc bien réellement sous les yeux deux cœurs distincts.

Comment expliquer ces faits? L'hypothèse qui me parut la plus vraisemblable, c'est que le cœur serait primitivement double, et que

[1] Collomb, *Œuvres médico-chirurgicales*, p. 462. Ce livre a été publié en 1798, année même de la mort de Collomb. Mais l'observation est beaucoup plus ancienne, car elle est citée en 1743 dans un des mémoires lus par Winslow à l'Académie des sciences. — Voir sur Collomb, Dumas, *Hist. de l'Acad. royale des sciences, belles-lettres et arts de Lyon*, t. I, p. 275.

[2] Panum, dans *Virchow's Archiv*, t. XVI, p. 39, 1860. — Voir aussi son livre sur la production des monstruosités, *Untersuchungen*, etc., p. 86 et 91; pl. IV, fig. 1, 2; pl. V, fig. 1, 2.

[3] Dareste, *Nouvelles Recherches sur la production artificielle des monstruosités*, dans les *Comptes rendus*, t. LVII, p. 445, 1863.

[4] Dareste, *Recherches concernant l'influence des basses températures sur le développement de l'embryon de la poule*, dans les *Mémoires de la Société des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille*, 3e série, t. II, p. 294, 1865.

[5] Voir p. 129.



l'existence des deux cœurs dans certains états tératologiques serait la permanence d'un état primitif, permanence résultant d'un arrêt de développement. Je consultai donc tous les ouvrages d'embryogénie qui étaient à ma disposition, ouvrages fort peu nombreux du reste; car j'étais alors en province, et je n'avais à ma portée qu'un nombre très restreint de livres de science. Tous ces ouvrages décrivaient le cœur comme un organe complètement simple à son début. Toutefois, je lus dans un mémoire de Serres [1] que la dualité primitive du cœur aurait été figurée par Pander dans son célèbre mémoire sur le développement du poulet, mémoire que je ne pouvais alors consulter. J'acceptai donc complètement l'opinion de Serres, et je partis du fait de la dualité primitive du cœur, que je croyais établi par Pander, pour expliquer non seulement la dualité tératologique de cet organe, mais encore un certain nombre d'autres anomalies. Ce fut le sujet d'une note que j'adressai à l'Académie des sciences, le 5 juin 1865 [2].

Voici un extrait de cette note :

Après avoir signalé la position de l'anse cardiaque, tantôt à la droite, et tantôt à la gauche de l'embryon, j'ajoute :

L'explication de ce fait m'a été donnée par l'étude des monstres à double cœur que j'ai rencontrés en assez grand nombre (une vingtaine environ) dans mes expériences.

Je n'ai pas encore été assez heureux pour observer directement le mode de formation de ces doubles cœurs ; mais les connaissances que nous avons sur la formation normale du cœur me permettent de l'expliquer d'une manière très simple.

Le premier indice que l'on ait de la formation normale du cœur consiste dans l'apparition de deux replis latéraux que l'on observe au-dessous de la tête et au-dessus du pli transversal que forme le capuchon céphalique à l'endroit où il se sépare de la tête. Ces replis, qui ont été figurés pour la première fois par Pander, forment deux blastèmes situés symétriquement des deux côtés de la ligne médiane.

Lorsque ces deux blastèmes se développent également et d'une manière indépendante, ils donnent naissance aux deux anses cardiaques.

Le plus ordinairement ces blastèmes se développent d'une manière inégale, et l'un des deux est beaucoup plus apparent que l'autre. Celui de ces blastèmes qui prend le plus grand développement détermine la formation d'une anse cardiaque unique, qui occupe le côté de la ligne médiane primitivement occupé par le blastème le plus développé...

[1] Serres, *Recherches d'anatomie transcendante*, dans les *Annales des sciences naturelles*, 1re série, t. XVI, p. 269, 1829.

[2] Dareste, *Mode de production de l'inversion des viscères ou de l'hétérotaxie*, dans les *Comptes rendus*, t. LX, p. 1211, 1865.

Il reste maintenant à déterminer, pour compléter l'histoire de la formation du cœur, le rôle du blastème dont le développement est moindre. Disparaît-il peu à peu en s'atrophiant ? ou bien doit-il se souder avec l'autre blastème, et contribuerait-il à former les cavités du cœur pulmonaire?

Dans le premier cas, il y aurait primitivement deux cœurs qui, en se développant isolément, donneraient le cœur de l'état normal et le cœur de l'état inverse. Dans le second cas, le cœur définitif serait formé par la soudure des deux blastèmes, dont le plus développé donnerait le cœur aortique, et le moins développé, le cœur pulmonaire.

Cette dernière opinion me paraît être la plus conforme aux faits. Toutefois je n'ai pu encore m'en assurer d'une manière certaine.

On le voit. Je croyais alors, sur la foi de Serres, que Pander avait établi la dualité primitive du cœur, et je ne pensais pas qu'il fût nécessaire de la démontrer après lui.

Quelque temps après, pendant un séjour à Paris, j'eus occasion de lire le mémoire de Pander. Je vis, à mon grand étonnement, que cet embryogéniste n'a décrit nulle part la dualité du cœur. On voit seulement, dans une figure de l'atlas qui fait suite à ce mémoire, deux lignes ainsi désignées dans l'explication des planches : *les deux plis de la face interne du capuchon céphalique qui, dans la suite, forment le cœur* (*die beiden Falten der innern Kopfscheide welche in der Folge das Herz bilden*)[1]. Peut-on voir dans ces deux lignes l'indication de la dualité primitive du cœur ?

[1] PANDER, *Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des Hühnchens im Eie*, 1817, pl. VII, fig. I.

J'ai tout récemment étudié de nouveau cette figure de l'atlas de Pander, pour chercher la signification des deux *plis* (*Falten*) dont il parle; mais je n'ai pu y parvenir.

Pander désigne sous ce nom deux lignes qui partent du sommet de la tête et descendent latéralement, en faisant quelques inflexions, pour se terminer à une ligne courbe à convexité antérieure et située transversalement. Il considère ces trois lignes comme étant les bords externes et le bord postérieur du capuchon céphalique. Mais cette interprétation est manifestement inexacte. Lorsque l'embryon ne s'est pas encore retourné sur le jaune, le capuchon céphalique n'existe encore qu'à l'extrémité de la tête. Nous savons d'ailleurs aujourd'hui que la formation du cœur est complètement indépendante de celle du capuchon céphalique.

Les lignes longitudinales de la figure de Pander appartiennent très probablement aux parois du pharynx, et la ligne transversale qui fait suite est bien certainement l'orifice de cette cavité. Mais peut-on supposer que des lignes qui s'étendent de l'orifice du pharynx jusqu'à l'extrémité de la tête seraient réellement le point de départ du cœur, car il faudrait admettre alors que cet organe aurait une étendue beaucoup plus considérable que dans la réalité?

En fait, l'examen attentif de cette figure et d'un certain nombre d'autres du même atlas, qui appartiennent aux premiers moments du développement, montre

Serres l'a cru. Il interprétait les lignes de la figure donnée par Pander de la manière suivante. Le cœur se formerait, comme Wolff l'avait observé pour l'intestin, par le repli d'une lame qui, formant d'abord une gouttière, se transformerait en un tube. Les lignes figurées par Pander seraient les deux replis de cette lame, replis qui viendraient s'unir l'un à l'autre pour former le tube cardiaque. Or il est bien évident que, dans cette manière de voir, le cœur serait primitivement simple et non double, puisque les deux plis seraient formés par les deux bords d'une lame unique [1].

Personne n'avait donc constaté la dualité primitive du cœur.

Il n'y avait qu'un moyen de vérifier mon hypothèse; c'était l'observation directe. Je me posai ce problème : Le cœur apparaît-il, dans son premier état, sous la forme d'un tube cylindrique, situé, dans la chambre cardiaque, au-dessous du pharynx, comme le décrivent tous les embryogénistes? Ou bien ne présenterait-il pas des phases antérieures, et ne serait-il pas double à un certain moment de son existence? Je me mis à l'œuvre en 1866, et j'arrivai, par une longue série d'observations, à constater que l'état de tube cylindrique, considéré pendant longtemps comme l'état primitif du cœur, a été précédé par une succession d'autres états pendant lesquels cet organe est manifestement double. C'était donc une découverte entièrement nouvelle, à laquelle j'étais conduit par mes études tératogéniques. Mais je fis, en même temps, une autre découverte, tout à fait inattendue, c'est que la formation du cœur se lie à la formation même du segment antérieur du mésoderme. Il y avait donc là deux faits que personne n'avait signalés avant moi.

Pour établir, sur un texte précis, mes droits à la découverte de la dualité primitive du cœur et du mode de formation du segment anté-

que Pander n'avait encore que des idées très inexactes sur les organes de l'embryon. C'est ainsi qu'il considère la corde dorsale comme étant la moelle épinière; ce qui s'explique du reste, si l'on se rappelle que la signification de cette partie de l'embryon n'a été donnée que quelques années après par Baer.

Le vrai mérite de Pander a été de reprendre l'étude des feuillets embryonnaires que Wolff avait commencée au siècle dernier, et de signaler l'existence d'un feuillet intermédiaire, ou *feuillet vasculaire*, interposé entre le feuillet séreux (*ectoderme*) et le feuillet muqueux (*entoderme*). Nous savons d'ailleurs que, par suite des travaux des embryogénistes modernes, la signification des feuillets embryonnaires est très différente de celle qu'en donnait Pander.

[1] L'explication du mode de formation du cœur que Serres attribue à tort à Pander, a été assez exactement reproduite par His, *Untersuchungen über die erste Anlage des Wirbelthierleibes; Die erste Entwickelung des Hühnchens im Ei*, p. 84.

rieur du mésoderme, je citerai textuellement une note que j'adressai à l'Académie des sciences dans la séance du 8 octobre 1866, telle qu'elle a été publiée dans les *Comptes rendus*.

Recherches sur la dualité primitive du cœur et sur la formation de l'aire vasculaire dans l'embryon de la poule[1].

Tous les embryogénistes qui ont étudié avant moi la formation du cœur décrivent cet organe comme constituant, dès son origine, une masse unique. Mes études tératologiques m'avaient conduit depuis longtemps à soupçonner, ainsi que Serres l'avait fait avant moi, que le cœur devait être double à son origine, c'est-à-dire qu'il y aurait, au début, deux cœurs qui, primitivement séparés, se réuniraient de bonne heure sur la ligne médiane. J'avais constaté, en effet, dans un certain nombre d'embryons monstrueux, l'existence de deux cœurs complètement séparés, et dont je ne pouvais me rendre compte que par la permanence d'un état primitif. En poursuivant mes recherches dans cette direction, j'ai constaté, conformément aux prévisions de Serres et aux miennes, que la dualité du cœur est un état normal, mais pendant une période tellement courte qu'elle a échappé à tous les observateurs.

J'ai déjà, l'année dernière, annoncé ce fait à l'Académie, en le faisant servir à l'explication d'un certain nombre d'anomalies. Je me propose aujourd'hui de montrer comment la dualité primitive du cœur se lie à certaines particularités, non encore décrites, du développement de l'aire vasculaire.

L'aire vasculaire, complètement et normalement développée, a un contour entièrement circulaire. Ce contour circulaire est décrit, par tous les

[1] *Comptes rendus*, t. LXIII, p. 608, 1866. — Dans cette note, publiée il y a plus de vingt ans, j'ai toujours employé le terme d'*aire vasculaire*. Or cette désignation est inexacte. L'aire vasculaire est l'ensemble des vaisseaux qui constituent l'appareil de la première circulation ou de la circulation vitelline. Ces vaisseaux se produisent dans un feuillet particulier, que l'on a désigné longtemps, depuis Pander, sous le nom de *feuillet intermédiaire* ou de *feuillet vasculaire*. J'aurais donc dû partout remplacer le terme d'*aire vasculaire* par celui de *feuillet vasculaire*.

Les notions nouvelles que nous avons acquises sur ce feuillet intermédiaire ne nous permettent plus de nous servir de ces anciennes dénominations. Nous devons employer partout le nom de *feuillet intermédiaire* ou de *mésoderme*, parce que le nom de *feuillet vasculaire* est devenu inexact. En effet, la formation de l'aire vasculaire ne se produit pas dans toute l'épaisseur de ce feuillet, mais seulement dans la partie inférieure, qui se sépare de la partie supérieure, dans toute l'étendue de la lame latérale du mésoderme, pour former le *cœlome* ou la *fente pleuro-péritonéale*. Le feuillet intermédiaire se sépare en deux feuillets secondaires, le feuillet supérieur, ou *musculo-cutané* qui double l'ectoderme, le feuillet inférieur ou *fibro-intestinal* qui double l'entoderme. C'est ce dernier feuillet qui est le véritable *feuillet vasculaire*.

Dans la note que j'ai publiée en 1866, il faut donc remplacer partout le terme d'*aire vasculaire* par celui de *mésoderme*, car les deux prolongements du feuillet intermédiaire, qui s'étendent en avant de la tête, appartiennent au mésoderme tout entier.



embryogénistes, comme l'état primitif de l'aire vasculaire. Je me suis assuré qu'à son début l'aire vasculaire n'est pas entièrement limitée par une circonférence de cercle, et que son contour circulaire ne se complète que tardivement dans la région antérieure, celle qui se développe au-dessous de la tête de l'embryon. Il y a un état primitif dans lequel la forme de l'aire vasculaire est celle d'un cercle incomplet, dont on aurait retranché un segment antérieur, égal à peu près au quart de son aire. L'aire vasculaire est alors terminée en avant par un bord rectiligne qui ne dépasse pas le bord antérieur de la fosse cardiaque[1], celui qui est formé par le repli du feuillet séreux en arrière de la tête.

La formation du segment antérieur de l'aire vasculaire, qui complète en avant son contour circulaire, résulte de la formation de deux lames qui sont elles-mêmes le résultat de la manière inégale dont se développent les diverses parties du bord rectiligne antérieur. Très actif aux deux extrémités de ce bord, le développement est à peu près nul à son centre. Aussi cette ligne droite se transforme-t-elle en deux autres lignes droites, formant un angle rentrant dont l'ouverture est en avant, et qui, marchant incessamment à la rencontre l'une de l'autre, diminuent peu à peu l'ouverture de l'angle rentrant et finissent par se conjoindre sur la ligne médiane. On peut représenter très exactement ce mouvement des deux lignes droites qui forment le bord antérieur de l'aire vasculaire, en les comparant aux deux branches d'un compas. Si le compas est ouvert de manière que ses deux branches soient juxtaposées en formant une seule ligne droite, on a la représentation de l'état primitif du bord antérieur de l'aire vasculaire. Les divers états consécutifs sont représentés par les différents degrés d'ouverture du compas, lorsque l'on rapproche peu à peu les deux branches, jusqu'au moment où elles sont placées parallèlement l'une à l'autre, et où le compas est entièrement fermé.

[1] J'ai employé dans cette note, et ensuite dans un certain nombre de publications, le nom de *fosse cardiaque* pour désigner la cavité qui se produit dans l'intérieur de la paroi inférieure du pharynx par la séparation de la lame ectodermique et de la lame entodermique qui forment cette paroi. Je croyais que cette cavité était ce que Wolff avait désigné sous le nom de *fovea cardiaca*. J'ai reconnu depuis que cette dénomination avait été appliquée par Wolff d'une tout autre manière, et que sa *fovea cardiaca* n'était autre chose que l'intestin antérieur ou la cavité pharyngienne.

Cette cavité dont Reichert et Remak ont bien indiqué le mode de formation a été désignée par le premier sous le nom de *cavité cardiaque* (*Herzhöhle*); par le second sous les noms de *cavité cervicale* ou *cavité pariétale* (*Halshöhle* ou *Parietalhöhle*). Je crois qu'on doit lui maintenir le nom de *cavité* ou plutôt de *chambre cardiaque*. Je ferai seulement remarquer qu'elle présente, dans sa formation, deux phases bien distinctes. Dans la première, elle n'est constituée que par l'écartement de la lame ectodermique et de la lame entodermique qui forment la paroi inférieure du pharynx. Dans la seconde, la pénétration dans cette cavité de deux lames du mésoderme, et leur dédoublement en somatopleure et splanchnopleure, ainsi qu'on le verra dans le cours de ce chapitre, modifient considérablement la constitution de ses parois. Rigoureusement on devrait appliquer un nom particulier à chacune de ces phases. Mais ce serait une complication de plus dans un sujet déjà bien assez compliqué par lui-même.

La soudure des deux lames antérieures de l'aire vasculaire présente d'ailleurs un fait curieux, c'est qu'elle ne se produit pas simultanément dans toute leur longueur. Elle commence à leurs deux extrémités, d'une part, dans la fosse cardiaque, et, d'autre part, en avant de la tête, tandis que, dans leur région moyenne, c'est-à-dire au-dessous de la tête, les deux lames restent plus ou moins longtemps séparées. Ce fait explique certaines anomalies dans lesquelles la tête, pénétrant entre les deux lames et refoulant devant elle les feuillets séreux et muqueux, fait hernie dans l'intérieur du vitellus. La tête est alors très déformée, présente de nombreux arrêts de développement et réalise assez exactement les conditions qu'elle présente chez les monstres *hémiacéphales*[1].

J'ai constaté de nombreuses anomalies dans le développement de ces lames antérieures de l'aire vasculaire. Tantôt ces deux lames, également développées, ne se soudent point l'une à l'autre; tantôt elles se développent d'une manière très inégale, l'une d'elles atteignant ses dimensions ordinaires, tandis que l'autre s'est arrêtée de très bonne heure. De ces anomalies de l'aire vasculaire dérivent d'autres anomalies dans la disposition des veines qui ramènent au cœur le sang provenant de la partie antérieure de l'aire vasculaire.

La dualité primitive du cœur est la conséquence immédiate de cette dualité primitive des lames antérieures de l'aire vasculaire. En effet, les blastèmes qui formeront plus tard le cœur se présentent d'abord sous l'aspect de deux petites masses oblongues que l'on observe à la partie inférieure et interne de chacune de ces lames, très près du point où elles se réunissent pour former le sommet de l'angle rentrant que j'ai décrit plus haut. Ces deux blastèmes sont complètement séparés, comme les lames au sein desquelles ils ont pris naissance. Plus tard, lorsque les deux lames s'unissent sur la ligne médiane, les deux blastèmes cardiaques, dont le développement a suivi celui des lames elles-mêmes, vont, ainsi que les lames, à la rencontre l'un de l'autre, se joignent comme elles sur la ligne médiane et ne tardent pas à se fondre en un masse unique qui forme ce que les embryogénistes ont considéré jusqu'à présent comme l'état primitif du cœur. Toutefois, on retrouve encore, pendant un certain temps, un indice de la dualité primitive; c'est une échancrure qui existe à la partie antérieure de l'organe et qui provient de ce que la soudure des deux blastèmes cardiaques procède d'arrière en avant, comme celle des lames de l'aire vasculaire qui leur servent de support.

Tous ces faits sont très difficiles à voir, lorsque l'on étudie l'embryon dans son état ordinaire, par suite de la grande transparence des tissus. Mais on arrive assez facilement à les constater lorsque l'on colore les tissus avec une dissolution alcoolique d'iode peu concentrée. Comme les blastèmes

[1] Les monstres dont je parle ici ne sont pas des hémiacéphales, comme je le croyais alors; ils appartiennent à un nouveau type tératologique que j'ai découvert et décrit sous le nom d'*omphalocéphalie*. Ce n'est que bien postérieurement à la rédaction de ce travail que j'ai reconnu la véritable nature de ce type si curieux à tant d'égards. (Voir le chap. v, § 1er de la troisième partie.)



cardiaques forment deux masses dans lesquelles la matière blastématique est plus dense que dans le reste de la lame antérieure de l'aire vasculaire, ils absorbent la solution d'iode en plus grande abondance que les tissus voisins et prennent alors une coloration jaune plus intense. Mais il arrive un moment où toute la coloration des tissus prend une intensité égale partout. On peut alors faire reparaître les blastèmes cardiaques en lavant l'embryon avec de l'alcool pur, qui enlève peu à peu l'iode aux tissus qui l'ont absorbé et fait ainsi reparaître momentanément les deux blastèmes [1].

Cette dualité primitive des blastèmes cardiaques n'a, dans l'état normal, qu'une courte durée; mais il n'en est pas de même lorsque, par suite d'un développement anormal, la soudure des lames antérieures de l'aire vasculaire ne s'est point produite. Dans ce cas, l'isolement des lames maintient l'isolement des blastèmes cardiaques. Ceux-ci se transforment alors en deux cœurs entièrement distincts, qui, suivant le degré d'écartement des lames, sont tantôt situés au-devant de la région antérieure de l'embryon, et tantôt rejetés latéralement et occupant les deux côtés de cette région antérieure.

Un autre particularité, également fort importante, que présentent les blastèmes cardiaques, c'est leur volume inégal. Dans l'état normal, le blastème droit, celui qui correspond au membre antérieur droit, est le plus développé. Dans l'inversion des viscères, c'est le blastème gauche.

On peut présumer que ces deux blastèmes sont le point de départ du cœur aortique et du cœur pulmonaire. Toutefois, mes observations ne m'ont encore rien appris sur ce sujet.

Cette note, un peu trop brève, comme toutes les communications publiées dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, qui, d'après le règlement, ne doivent pas dépasser une certaine longueur, contient l'indication très nette de la dualité du cœur et de ses relations avec la formation du segment antérieur du mésoderme.

Mais elle a passé presque inaperçue pendant plusieurs années. Jusqu'en 1876, deux embryogénistes seulement, MM. His et Schenck en ont parlé, mais pour nier les faits que j'avais observés [2].

Toutefois, dès 1867, la dualité du cœur fut aperçue chez le lapin. M. Hensen présenta, au Congrès des naturalistes à Francfort, la préparation d'un embryon de lapin sur lequel il croyait reconnaître l'existence de deux cœurs séparés. M. His, qui avait étudié cette préparation, contesta l'interprétation que M. Hensen avait donnée des deux éléments qu'il considérait comme des cœurs distincts.

En 1876, M. Hensen est revenu sur cette question, et il a publié un certain nombre de figures dans lesquelles il représente ce qu'il consi-

[1] Voir la note A à la fin de la troisième partie.

[2] His, *Untersuchungen über die erste Anlage des Wirbelthierleibes*, p. 84. — Schenck, *Lehrbuch der vergleichenden Embryologie der Wirbelthiere*, 1874, p. 68.



dère comme deux cœurs primitifs dans l'embryon du lapin[1]. Il en est une qui reproduit très exactement cette phase particulière des deux cœurs primitifs du poulet, dans laquelle ils se présentent sous la forme de deux tubes semi-circulaires, opposés l'un à l'autre par leur convexité. La signification de cette figure ne peut être révoquée en doute. Quant aux autres figures dans lesquelles M. Hensen a voulu représenter les états antérieurs du cœur, elles sont tout à fait différentes de ce que j'ai vu moi-même. Il est donc évident que M. Hensen a constaté la dualité du cœur chez l'embryon du lapin, mais qu'il n'en a vu qu'une seule phase.

M. Kölliker, publiant en 1876 la première partie de la seconde édition de son *Traité d'embryologie*, a confirmé l'exactitude des observations de M. Hensen, tout en faisant les mêmes réserves que moi sur les opinions de cet embryogéniste. Il figure deux embryons de lapins présentant les deux cœurs, et tout à fait comparables à celui que M. Hensen avait représentés. Il a figuré de plus un autre embryon de lapin, dans lequel les deux cœurs, bien que formant déjà un organe unique, présentent encore une cloison médiane, vestige de leur dualité primitive[2].

La constatation de la dualité primitive du cœur chez le lapin conduisit M. Kölliker à la rechercher dans l'embryon du poulet. Il a vu, comme je l'avais vu moi-même, le cœur se constituer par deux éléments séparés, qui viennent à la rencontre l'un de l'autre, et qui s'unissent finalement sur la ligne médiane. Mais il n'a pas vu, comme moi, que la dualité primitive du cœur se lie à la dualité des lames antérieures du mésoderme[3].

[1] HENSEN, *Beobachtungen über die Befruchtung und Entwickelung des Kaninchens und Meerschweinchens*, dans la *Zeitschrift für Anatomie und Entwickelungsgeschichte* de His et Braune, t. I, p. 367. On voit très bien les deux cœurs, pl. XI, fig. 33. Mais je n'admets pas, et ici je suis d'accord avec M. Kölliker (*Entwickelungsgeschichte des Menschen und der höheren Thiere*, 2e édit., p. 252), que le repli en fer à cheval qui entoure la tête de l'embryon, dans les figures 28, 29, 30, 31, soit le cœur. Dans la pensée de M. Hensen, le cœur serait donc primitivement simple, puis il deviendrait double, comme dans l'embryon représenté figure 33; puis enfin il redeviendrait simple. Ce repli en fer à cheval doit donc avoir une tout autre signification.

[2] KÖLLIKER, *Entwickelungsgeschichte des Menschen und der höheren Thiere*, 2e édit., p. 245 à 250, fig. 166,167, 169, 170, 171, 172.

[3] Les observations de M. Kölliker sur la formation du cœur chez le poulet ont été publiées par lui dans la seconde édition de son traité d'embryologie. KÖLLIKER, *loc. cit.*, p. 148, fig. 82 et 83. M. Kölliker qui n'avait pas alors mentionné mon travail, a spontanément et sans aucune démarche de ma part, reconnu mes droits à la découverte de la dualité du cœur, dans la traduction française de son livre (p. 155).

M. Gasser faisait, à la même époque, des recherches sur la formation du cœur dans l'embryon du poulet [1]. Dans un mémoire publié en 1877, il a confirmé les observations de M. Kölliker, et il a reconnu, comme je l'avais fait en 1866, que la formation du cœur se lie à la formation du mésoderme. Il a vu ces faits non seulement chez le poulet, mais encore chez l'oie. M. Gasser ne parle pas de mon travail qu'évidemment il ne connaissait pas, car il cite très exactement les travaux de M. Hensen et Kölliker, publiés avant le sien.

Les recherches de MM. Kölliker et Gasser sur la formation du cœur chez le poulet ont pleinement confirmé mes premières observations; elles en diffèrent seulement sur quelques points de détail.

La dualité primitive du cœur a été également signalée chez les poissons osseux.

Kupffer l'a vue, en 1868, chez la perche et le gobie noir. Il a figuré le cœur dans les embryons de ces deux espèces, sous la forme de deux tubes accolés. Mais il n'en parle point dans le texte de son mémoire [2]. Plus tard, en 1876, il est revenu sur cette question, et il a décrit la dualité du cœur, dans trois autres espèces, le hareng, le brochet et l'épinoche [3].

Tout récemment, M. Henneguy a décrit et figuré la dualité primitive du cœur, dans la truite [4].

La dualité primitive du cœur a dont été constatée chez six espèces de poissons osseux. Or, quand on voit l'existence de ce fait dans des classes aussi distinctes que les oiseaux et les mammifères d'une part, et les poissons osseux de l'autre, on est conduit naturellement à supposer que ce mode de formation du cœur se rencontre dans tout l'embranchement des animaux vertébrés. Si, comme j'en suis convaincu, cette vue est confirmée par les travaux des embryogénistes, on aura une confirmation nouvelle de la théorie de Baer sur l'unité primitive des animaux de ce groupe.

[1] Gasser, *Ueber die Entstehung des Herzens beim Huhn;* dans *Archiv für mikrosk. Anatomie*, t. XIV, p. 459, 1877.

[2] Kupffer, *Beobachtungen über die Entwickelung der Knochenfische* dans *Archiv für mikrosk. Anatomie*, 1868, t. IV, pl. XVIII, fig. 32 et 33.

[3] Kupffer, *Die Entwickelung des Herings im Ei;* dans *Jahresbuch zur Commission für wissenschaftliche Untersuchung des Deutschen Meeres*, 1874, 1875, 1876, t. IV, V et VI.

[4] Henneguy, *Recherches sur le développement des poissons osseux; Embryogénie de la truite*, thèse présentée à la Faculté des sciences de Paris, 1889, p. 85, fig. 16 et 17; pl. IV, fig. 104 et 114.



§ 3.

Les embryogénistes ont considéré pendant longtemps le cœur comme simple dès son origine. Il y a, en effet, une époque où il se présente sur la ligne médiane du corps, au-dessous du pharynx, sous la forme d'un tube bifurqué à ses deux extrémités. La bifurcation antérieure est formée par les aortes; la bifurcation inférieure par les veines omphalo-mésentériques. Ce tube est contractile; il bat d'abord sur un liquide complètement incolore et privé de globules.

Mes recherches, confirmées et étendues, comme on vient de le voir, par plusieurs embryogénistes, ont montré que cet état du cœur est précédé par une série d'autres états pendant lesquels les éléments qui doivent le constituer sont doubles, et, d'abord assez éloignés, se rapprochent peu à peu sur la ligne médiane, et finissent par s'unir en formant un organe simple.

Mais la formation du cœur par la coalescence de deux éléments primitivement séparés se lie, je l'ai montré, à certaines particularités, inconnues avant moi, de l'évolution du mésoderme. On ne peut donc séparer cette double étude. Je la ferai très rapidement, en complétant mes observations par celles des embryogénistes qui m'ont suivi. Voyons d'abord la formation du mésoderme dans ses rapports avec la formation du cœur.

Le *mésoderme*, ou *feuillet intermédiaire du blastoderme*, se présente, à l'époque de la formation de la gouttière médullaire, sous la forme d'une lame elliptique, dont on aurait retranché un segment antérieur, et qui, par conséquent, se termine en avant par un bord à peu près droit. Ce bord présente seulement, dans la région moyenne, une petite saillie correspondant à l'extrémité céphalique de l'embryon.

Ce feuillet mésodermique se divise en deux parties : une partie axile qui occupe la région moyenne et se prolonge en avant dans la saillie de l'extrémité céphalique, mais qui ne se prolonge pas en arrière, et n'atteint pas l'extrémité opposée à la tête; une partie périphérique qui entoure toute la partie axile, à l'exception de son extrémité céphalique.

Les deux parties du mésoderme ne tardent pas à se différencier très nettement l'une de l'autre par des modifications importantes.

La partie axile est le point de départ de la *corde dorsale*, qui forme l'axe du corps, et des *lames dorsales*, lames qui se soulèvent des deux côtés de la ligne médiane pour former la *gouttière médullaire*, dans

laquelle vient s'invaginer la *lame médullaire,* dépendance de l'ectoderme. Les lames dorsales qui bordent d'abord latéralement la gouttière médullaire, puis qui lui forment un revêtement complet lorsqu'elle s'est transformée en un tube, restent continues dans la région céphalique, puis se segmentent d'avant en arrière, dans la région du corps, pour former les *proto-vertèbres.* Mais ce qui caractérise essentiellement la partie axile du mésoderme, c'est qu'elle ne se dédouble pas en deux feuillets, comme la partie périphérique.

La partie périphérique ou, comme on l'appelle aussi, les *lames latérales,* se distingue de la partie axile, en ce qu'elle se dédouble en deux feuillets, un feuillet supérieur ou *musculo-cutané* qui double l'ectoderme; un feuillet inférieur ou *fibro-intestinal* qui revêt l'entoderme. On désigne aussi ces deux feuillets sous les noms de *somatopleure* et de *splanchnopleure.* La fente qui les sépare et qui commence à se produire dans le voisinage de la partie axile, pour s'étendre jusqu'aux contours du mésoderme, a reçu le nom de *cœlome* ou de *fente pleuro-péritonéale.* C'est le point de départ des cavités séreuses, le péritoine, les plèvres et le péricarde. Le feuillet musculo-cutané conserve, pendant longtemps, sa constitution initiale; mais le feuillet fibro-intestinal ne tarde pas à éprouver une modification remarquable, car c'est dans son intérieur que se produisent les vaisseaux sanguins qui constitueront l'appareil de la première circulation. Aussi, les anciens embryogénistes, depuis Pander, lui avaient donné le nom de *feuillet vasculaire*, et le considéraient comme constituant en totalité le feuillet intermédiaire du blastoderme, à une époque où l'on confondait le feuillet musculo-cutané avec l'ectoderme.

Cette partie périphérique du mésoderme entre, comme la partie axile, dans la constitution même de l'embryon, mais seulement d'une manière partielle. Toute la région qui touche immédiatement la partie axile deviendra plus tard le tube intestinal et la paroi thoraco-abdominale tandis que la région qui s'en éloigne s'étendra au-dessus du jaune pour former les parois du sac vitellin.

La partie axile du mésoderme s'arrête au niveau de la tête qu'elle ne dépasse pas en avant. Au contraire, la partie périphérique s'étend dans tous les sens au delà de l'embryon et au-dessus du jaune qu'elle finit par revêtir presque en entier.

Or, il résulte de cette différence entre la partie axile et la partie périphérique du mésoderme, que le bord antérieur de ce feuillet ne s'accroît que dans les parties latérales, et non dans la partie médiane,

celle qui correspond à la tête. On voit alors des deux côtés de la tête deux lames se produire sur le bord antérieur du mésoderme, se porter en avant et venir peu à peu se réunir en avant de la région céphalique de l'embryon. Dans ma note de 1866, j'ai comparé ces deux lames antérieures aux deux branches d'un compas qui, d'abord ouvertes, et formant par conséquent une ligne droite, se rapprocheraient peu à peu l'une de l'autre et finiraient par se fermer. Cette comparaison rend assez bien compte des faits. Ajoutons seulement que l'union de ces deux lames se fait d'abord dans la région la plus extrême, et descend peu à peu jusqu'à la tête. Il en résulte que, pendant un certain temps, le blastoderme présente, en avant de l'embryon, un espace dans lequel le mésoderme n'existe pas. Mais cet espace diminue peu à peu et ne tarde pas à se remplir par l'union des deux lames antérieures, union qui se produit d'avant en arrière [1]. On verra plus tard l'importance de ce fait pour la tératogénie.

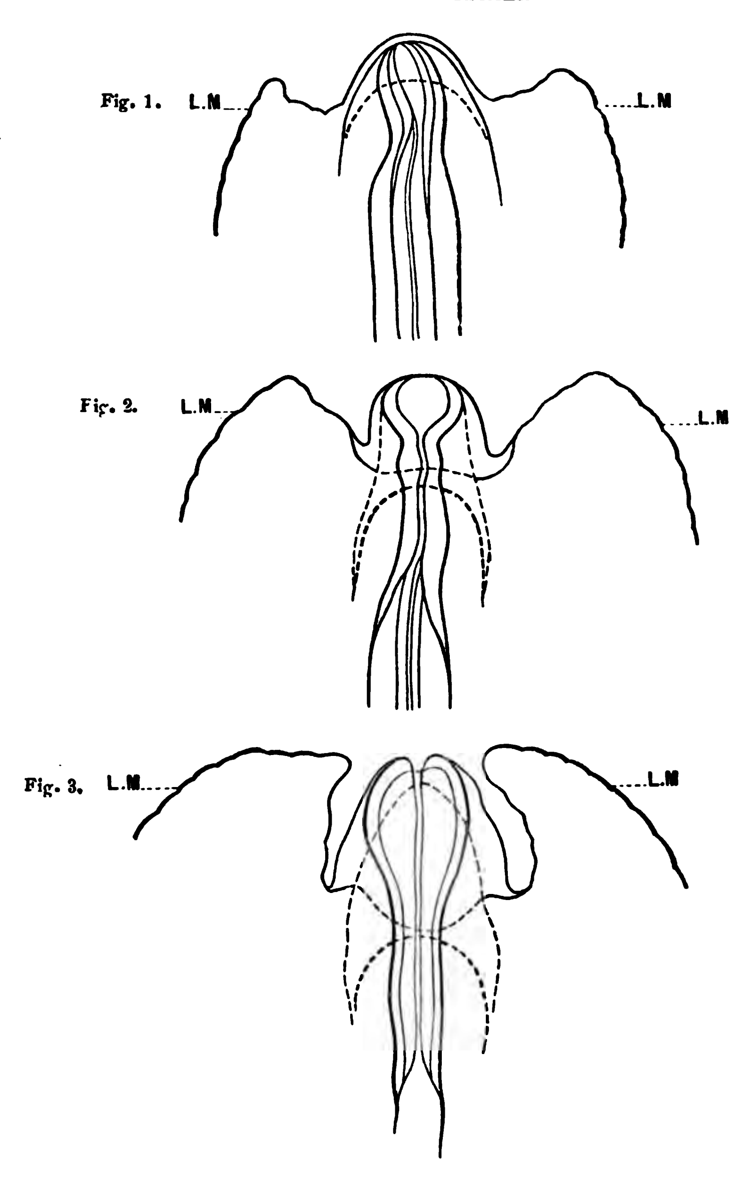
Il arrive donc un moment où la partie axile du mésoderme se trouve complètement entourée, en avant de la tête comme en arrière, par la partie périphérique, celle qui se dédouble en somatopleure et en splanchnopleure. Or, c'est dans toute la lame inférieure de cette partie périphérique que se produisent les vaisseaux sanguins dont l'ensemble constitue l'aire vasculaire, c'est-à-dire le premier appareil circulatoire de l'embryon.

L'aire vasculaire ne se produisant que dans un des feuillets du mésoderme latéral, la splanchnopleure, présente donc, dans son mode de formation, une particularité remarquable : elle fait défaut, au début, dans toute la région axile de l'embryon et dans toute la partie du blastoderme placée au-devant de la tête. Elle n'est donc continue que dans la partie postérieure du mésoderme, celle qui est en arrière de l'extrémité caudale. Plus tard, elle se complète en avant de l'extrémité céphalique de l'embryon, et au-dessous de lui, par la soudure sur la ligne médiane des splanchnopleures provenant de ces deux parties latérales du mésoderme.

Ce fait, qui n'a pas encore été signalé par les embryogénistes, doit être nettement indiqué, car l'union des cœurs primitifs n'est, en réalité, qu'un épisode de la conjugaison des deux parties de l'aire vasculaire sur la ligne médiane.

[1] J'ai signalé ces faits dans ma note de 1866. Les traités d'embryogénie qui ont paru avant la publication de cette note, ceux de Baer et de Remak, n'en parlent point. Je crois donc avoir été le premier à les faire connaître.





Ces figures schématiques représentent la ligne qui borde le mésoderme en avant. On y voit la partie axile occupée par l'extrémité céphalique ; puis la formation des lames mésodermiques latérales LM. Dans la fig. 1, elles sont encore à peu près droites, sauf les parties extrêmes qui commencent à s'élever. Dans la fig. 2, ces lames se sont notablement accrues en avant, et montent obliquement de dedans en dehors des deux côtés de la tête. Dans la fig. 3, elles se sont encore plus accrues, et montent presque perpendiculairement des deux côtés de la tête. Le grossissement est d'environ 12 diamètres. Pour ne pas multiplier ces

schémas outre mesure je n'ai pas figuré la fusion de ces lames en avant de la tête ; mais il est très facile de la concevoir.

Dans ces trois figures, la tête qui occupe le plan supérieur a ses contours représentés par des lignes pleines. Le pharynx qui occupe le plan inférieur a ses contours représentés par des lignes ponctuées. On verra d'ailleurs la signification de ces lignes un peu plus loin, dans les schémas qui représentent le mode de formation du pharynx.

J'aurais voulu faire ces schémas d'après nature ; mais, ne pouvant avoir des œufs fécondés à l'époque (décembre 1889) où j'écris ce chapitre, je les ai pris sur des dessins appartenant au bel atlas d'embryogénie de Mathias Duval.

Cette conjugaison s'opère par des procédés différents et à diverses époques suivant les régions. En premier lieu, elle se produit dans la région du pharynx, par l'union de deux prolongements du mésoderme, dans une cavité que l'on désigne sous le nom de *cavité cardiaque* ou *cervicale*. C'est alors que se forme le cœur par l'union de deux blastèmes qui proviennent de ces prolongements. Ces faits seront décrits en détail un peu plus loin.

Ensuite l'union des parties antérieures de l'aire vasculaire se fait en avant de la tête; elle résulte de la jonction des deux lames antérieures du mésoderme.

Enfin, mais plus tard, l'union des deux parties de l'aire vasculaire se produit dans la région inférieure de l'embryon. Elle résulte de la formation du mésentère dans la gouttière abdominale. La formation du mésentère a été très bien décrite, il y a longtemps déjà, par Baer. Elle se produit par le repli des deux splanchnopleures au-dessous des proto-vertèbres et de la corde dorsale. Les splanchnopleures viennent ainsi se mettre en contact l'une avec l'autre, et finissent par s'unir. Leur union, qui se propage d'avant en arrière, depuis l'ouverture ombilicale jusqu'à l'extrémité caudale, a pour résultat de mettre en contact les vaisseaux capillaires de chacune de ces lames, et d'en provoquer l'anastomose. Lorsque ces faits se sont produits, l'aire vasculaire ne présente plus d'interruption, ni dans la partie située en avant de la tête de l'embryon, ni dans toute la région inférieure de l'embryon.

Il serait intéressant d'étudier ces faits d'une manière plus complète. Mais ici je dois me borner à ce qui est nécessaire pour comprendre la formation du cœur.

§ 4.

La formation du cœur résulte de la fusion de deux blastèmes qui se produisent isolément dans les lames latérales du mésoderme, et qui viennent se fusionner sur la ligne médiane, dans une cavité, la *chambre*

cardiaque, qui se produit dans la paroi extérieure du pharynx par l'écartement des deux lames ectodermique et entodermique qui la constituent. Il est donc nécessaire, pour comprendre la formation du cœur, de rappeler brièvement la formation du pharynx et celle de la chambre cardiaque.

On a vu qu'à son début l'extrémité céphalique dépasse en avant le bord antérieur du mésoderme. En même temps, elle se soulève un peu au-dessus du jaune, et elle entraîne avec elle une petite partie du blastoderme qui d'abord s'infléchit en arrière, et qui reprend ensuite sa direction primitive. Alors, quand on étudie l'embryon par la face inférieure [1], on voit ce repli du blastoderme, d'abord sous la forme d'un croissant à bords très rapprochés, et plus tard lorsque le repli blastodermique s'est peu éloigné de la tête, sous la forme d'un chapeau de gendarme (qu'on me passe cette comparaison qui rend très exactement compte de l'apparence du repli). La formation de ce repli au-dessous de la tête détermine la formation d'une petite cavité en cul-de-sac, point de départ de ce qu'on appelle la *cavité pharyngienne* ou l'*intestin antérieur*. L'extrémité postérieure de ce repli présente une ligne courbe à concavité postérieure; c'est l'origine de la partie antérieure de l'ombilic intestinal, point de départ du canal vitellin, et ensuite du pédicule vitellin.

La paroi inférieure de cette cavité pharyngienne, ainsi formée par un repli du blastoderme, est uniquement constituée comme le blastoderme à son origine, par l'ectoderme et l'entoderme, tandis que le mésoderme y fait complètement défaut. On a vu déjà que, dans la partie axile de l'embryon, le mésoderme ne se prolonge pas au delà de l'extrémité antérieure de la tête.

Le repli blastodermique qui forme ainsi la paroi inférieure du pharynx s'écarte de plus en plus de l'extrémité antérieure de la tête, et

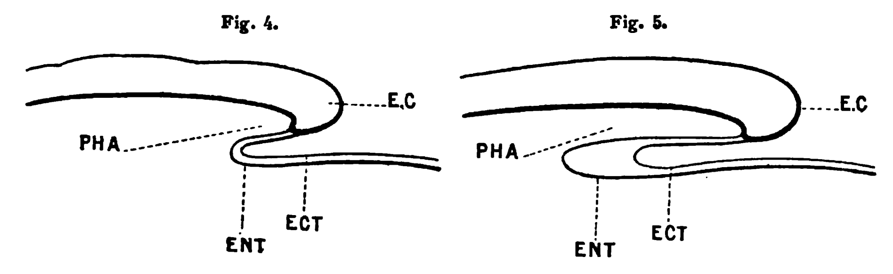
[1] Pour comprendre ces dénominations de *face inférieure* et *face supérieure*, *face antérieure* et *face postérieure*, il faut se rappeler les rapports de l'embryon avec le jaune, pendant les premiers jours de l'incubation, avant qu'il se soit retourné sur le côté gauche. Quand on observe l'embryon non détaché du jaune, la face tournée du côté de l'observateur est la *face supérieure;* celle qui est tournée vers le jaune est la *face inférieure.* Si l'on observe l'embryon en lui-même, et indépendamment de ses rapports de position avec le jaune, la face inférieure devient la *face antérieure;* la face supérieure devient la *face postérieure.*

On peut également donner à la face inférieure le nom de *face ventrale*, à la face supérieure le nom de *face dorsale.*

Dans ce livre, pour éviter toute confusion, je me sers toujours des noms de *face inférieure* et *face supérieure.*

par conséquent, la cavité pharyngienne qu'il limite va toujours en grandissant. Mais il arrive un moment où la lame ectodermique et la lame entodermique, qui y étaient d'abord accolées, s'écartent l'une de l'autre. La lame ectodermique se replie la première en avant, au-dessous de la tête, pour aller former le capuchon céphalique de l'amnios, tandis que la lame entodermique se prolonge encore en arrière avant de se replier elle-même pour aller rejoindre la lame ectodermique. Il se produit ainsi, entre les deux lames, une cavité virtuelle, la chambre cardiaque dans laquelle se forme le cœur.

Fig. 4. Fig. 5.

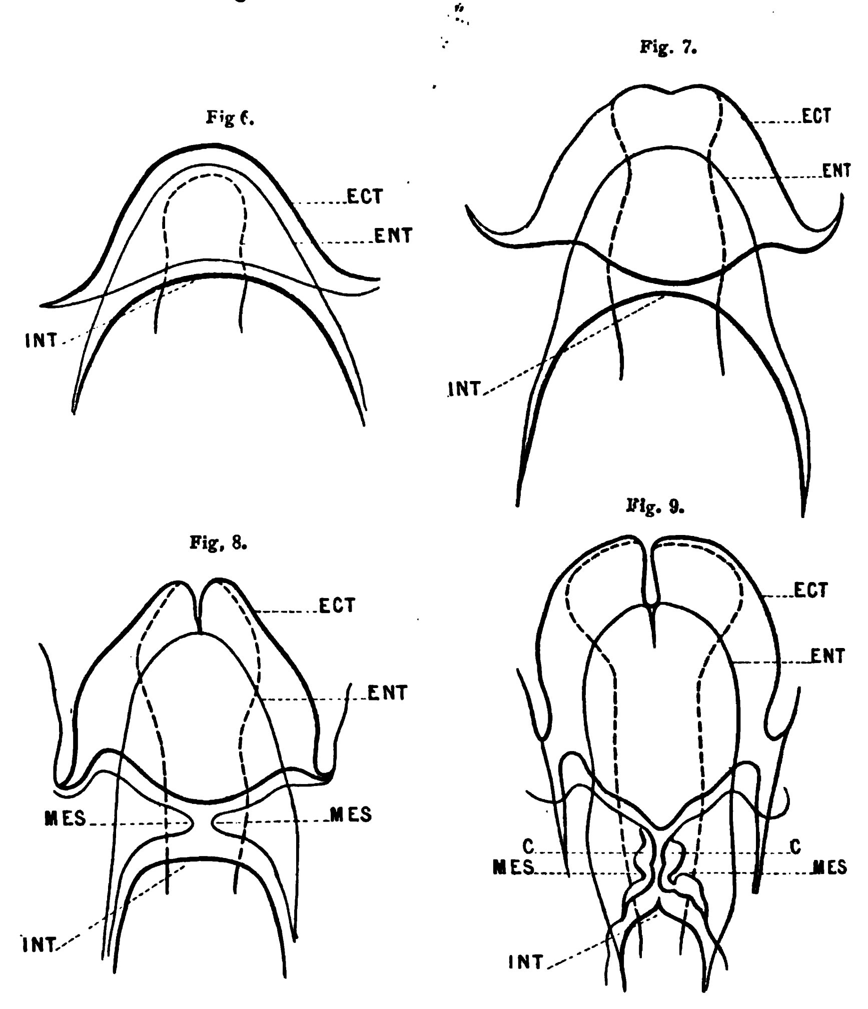


E.C, extrémité céphalique ; PHA, pharynx ; ECT, ectoderme ; ENT, entoderme.

On peut voir ces faits sur les deux schémas qui représentent une coupe longitudinale de l'embryon. La fig. 4 présente le premier état de la formation du pharynx, dans lequel les lames ectodermique et entodermique du blastoderme ne sont pas séparées. La fig. 5 représente une phase plus avancée de la formation du pharynx dans laquelle les deux lames sont écartées et laissent entre elles un espace libre, la chambre cardiaque.

Ces faits sont parfaitement visibles sur la face inférieure de l'embryon. Tant que les deux lames blastodermiques restent accolées l'une à l'autre, leur extrémité postérieure, à l'endroit où elles se replient, forme, comme nous l'avons vu déjà, un arc de cercle transversal dont la concavité est tournée vers la partie postérieure de l'embryon. Lorsque les deux lames se sont écartées, on voit, en avant de cette ligne courbe, une nouvelle ligne formée par deux lignes droites qui s'unissent sur la ligne médiane, en formant un angle dont le sommet est tangent à la ligne courbe, tandis que les lignes qui en forment les côtés s'en écartent de plus en plus. Cette ligne brisée indique le repli de l'ectoderme, tandis que la ligne courbe n'est plus formée que par le repli de l'entoderme. A mesure que l'évolution suit son cours, ces deux lignes s'écartent de plus en plus l'une de l'autre. L'écartement de ces lignes indique à l'extérieur la formation de la chambre cardiaque, chambre qui est d'abord double, lorsque le sommet de l'angle de la ligne du pli ectodermique touche la ligne du pli entodermique, puis

qui devient simple lorsque le sommet de l'angle s'est éloigné de cette dernière ligne.



On peut voir ces faits sur ces schémas. Les fig. 6, 8 et 9 sont tirées des dessins de l'atlas de Mathias Duval. La fig. 7 est empruntée à une figure de l'ouvrage de Dursy (*Der Primitivstreif des Hühnchens*). Elle représente un stade de développement qui n'a pas été figuré par Mathias Duval. Le grossissement est d'environ 40 diamètres.

Ces quatre schémas représentent l'extrémité antérieure de l'embryon vue par la face inférieure. Les lignes pleines indiquent les parties situées sur le premier plan, c'est-à-dire le pharynx et les lames qui le constituent. Les lignes ponctuées dessinent les contours de la tête qui est située sur le second plan.

Dans la fig. 6 le repli ectodermique et le repli entodermique ne sont pas séparés.

Dans la fig. 7 le repli ectodermique et le repli entodermique sont unis sur la ligne médiane, séparés à leurs extrémités.

Dans la fig. 8 les deux replis blastodermiques sont écartés l'un de l'autre. La chambre cardiaque est unique ; elle est remplie par deux prolongements du mésoderme qui viennent se conjoindre sur la ligne médiane.

Dans la fig. 9 la disposition est la même que dans la fig. 8, avec cette différence que les deux replis mésodermiques présentent, à leurs extrémités, les tubes cardiaques encore isolés.

ECT, ectoderme ; ENT, entoderme ; MES, MES, lames mésodermiques ; C, C, tubes cardiaques ; INT, orifice ombilical du pharynx ou de l'intestin antérieur.

Lorsque cette cavité virtuelle se produit dans la paroi inférieure du pharynx, elle ne tarde pas à se remplir par deux prolongements des lames mésodermiques antérieures, prolongements qui viennent à la rencontre l'un de l'autre. C'est à l'extrémité de ces prolongements que l'on voit apparaître les deux blastèmes cardiaques, sous la forme de deux petites masses oblongues, à peu près invisibles dans les tissus complètement transparents de l'embryon, mais qu'il est très facile de faire apparaître par l'emploi de la teinture d'iode.

Ces blastèmes cardiaques ne se forment-ils que lorsque les prolongements des feuillets mésodermiques sont venus se mettre en contact sur la ligne médiane? J'ai la conviction qu'il n'en est pas ainsi, et je crois que ces blastèmes ont commencé déjà à se former lorsque les prolongements des lames mésodermiques n'ont pas encore pénétré dans la chambre cardiaque. Ce qui me fait croire qu'il en est ainsi, c'est que, lorsque cette chambre ne se forme pas dans l'épaisseur de la paroi du pharynx, les blastèmes se développent isolément des deux côtés de la tête, en formant deux cœurs distincts[1]. Jusqu'à présent je n'ai pas constaté ce fait dans l'état normal. Mais il a été décrit et figuré dans l'embryon du lapin par Kölliker[2]. Ce dernier a vu les tubes cardiaques primitifs placés, chez le lapin, des deux côtés de la tête, et, par conséquent, à une assez grande distance l'un de l'autre. Il est donc très probable que les faits se passent ainsi dans le poulet, et que les blastèmes se produisent avant le remplissage de la chambre cardiaque par des prolongements des lames mésodermiques. Il y a là un sujet d'études que je soumets aux embryogénistes.

Mais, quelle que soit leur origine, les blastèmes cardiaques se voient à une certaine époque, dans l'embryon, sous la forme de deux petites masses oblongues complètement séparées et placées sur la ligne médiane. Ces deux petites masses sont généralement inégales. Lorsque

[1] Voir l'histoire des monstres omphalocéphales, chap. v, § 1 de la 3e partie.

[2] Kölliker, *Entwickelungsgeschichte des Menschen und der höheren Thiere*, p. 214 et suiv., fig. 166 à 171.

je les ai découvertes en 1886, j'ai cru pouvoir admettre que la masse la plus volumineuse déterminait ultérieurement le sens de l'incurvation de l'anse cardiaque, dont on verra plus tard la signification tératologique. Mais les faits que j'ai observés depuis cette époque ne paraissent pas, jusqu'à présent, devoir confirmer cette hypothèse.

Que sont ces masses oblongues ? En voyant la coloration foncée qu'elles prennent sous l'action de la teinture d'iode, j'ai été conduit à admettre qu'elles consistent en amas de cellules, et qu'elles ne possèdent pas de cavité dans leur intérieur. Elles ressemblent assez exactement aux îles de sang que l'on observe dans l'aire vasculaire et qui sont le point de départ des vaisseaux. Dans ma pensée, elles ne sont que des îles de sang, seulement beaucoup plus volumineuses que celles de l'aire vasculaire. Comme dans ces îles, il se produisait des cavités par la désagrégation et la disparition d'un certain nombre de cellules contenues dans leur intérieur. Les cavités ainsi formées auraient des parois internes constituées par une couche de cellules endothéliques exactement comme les parois des vaisseaux qui se produisent dans l'aire vasculaire.

Cette façon de comprendre la constitution des masses cardiaques n'est pas généralement adoptée. L'opinion la plus générale est que ces blastèmes seraient creux dès leur début. Pour ma part, je pense que cette divergence d'opinions résulte de ce que les embryogénistes qui ne partagent pas ma manière de voir n'ont pas observé les premiers états de la formation des blastèmes. La rapidité avec laquelle se succèdent les phases de la formation du cœur rend leur étude fort difficile. Ce n'est qu'en multipliant indéfiniment les expériences que l'on arrive à les connaître toutes.

Plus tard, ces masses oblongues s'allongent, prennent une forme tubulaire et constituent des tubes juxtaposés. Au début, lorque les deux plis blastodermiques du pharynx sont encore rapprochés, ces tubes sont courbes et se font face par leur convexité. J'ai vu cet état, plusieurs fois, dans les embryons de poule. Kölliker a figuré cette disposition des tubes cardiaques dans un embryon de lapin. L'écartement progressif des deux plis blastodermiques a pour résultat de redresser complètement les tubes cardiaques [1].

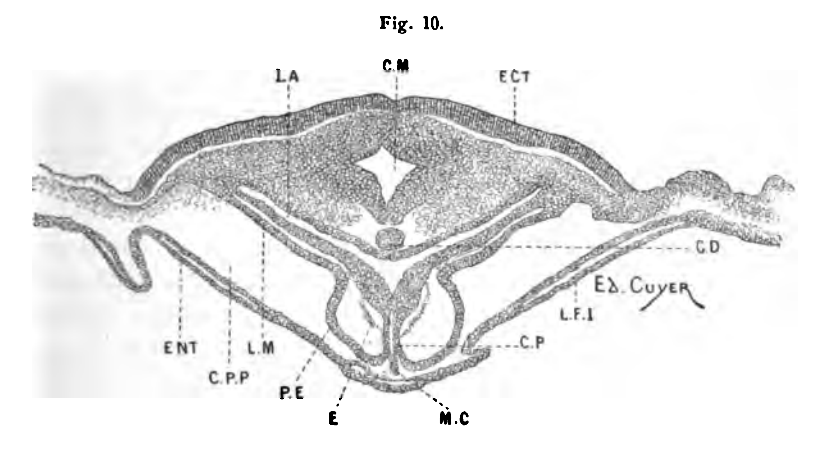
Les deux tubes cardiaques, ainsi accolés, ne tardent pas à s'unir entre eux. Mais cette union ne se fait pas d'abord dans toute leur éten-

[1] Kölliker, *loc. cit.*, p. 249, fig. 171.

due. Elle commence dans la région postérieure et s'avance d'arrière en avant, de telle sorte que le cœur paraît d'abord bifide à son extrémité supérieure. Lorsque l'union des tubes cardiaques s'est opérée dans toute leur étendue, la dualité primitive se manifeste encore, pendant un certain temps, par l'existence d'un sillon médian longitudinal. A l'intérieur elle est encore plus visible, par suite de l'existence d'une cloison longitudinale qui sépare les deux cavités tubulaires [1].

Cette cloison se voit très bien sur des coupes transversales de l'embryon pratiquées dans la région de la chambre cardiaque. Elle a été figurée par Kölliker [2]. Je l'ai également observée moi-même sur une

Fig. 10.



ECT, ectoderme; C.M, cavité médullaire; C.D, corde dorsale; I.A, intestin antérieur ou pharynx; L.M, lame musculo-cutanée (somatopleure); L.F.I, lame fibro-intestinale (splanchnopleure) P.E, paroi externe du cœur; E, endothélium; C.P, cloison pariétale; C.P.P, cavité pleuro-péritonéale; M.C, mésentère cardiaque. Grossissement, 140 diamètres.

coupe faite dans mon laboratoire, en 1883, par M. le docteur Vauthier [3].

Cette cloison n'a d'ailleurs qu'une existence temporaire. Elle disparaît à un certain moment, et la cavité du cœur devient simple. Le cloisonnement primitif du cœur n'a donc aucune relation avec le cloisonnement définitif qui ne se produit qu'après l'incurvation de l'anse cardiaque et qui, d'ailleurs, suivant la classe zoologique, ne se

[1] On peut voir ces différents états du cœur dans la pl. II de l'Atlas, où ils sont figurés d'après nature.

[2] Kölliker, *loc. cit.*, p. 149, fig. 82.

[3] Cette coupe a été déjà figurée en 1884 par M. le Dr Quenu (thèse d'agrégation) et, en 1885, par M. le Dr Toison (thèse de doctorat).

produit pas toujours (poissons), ou ne se produit seulement que d'une manière incomplète (amphibies et reptiles, sauf les crocodiles).

Il y a encore, dans la formation du cœur, un certain nombre de points qui n'ont pas été établis d'une manière définitive, et qui sont encore discutés par les embryogénistes.

Le cœur de l'embryon, comme celui de l'adulte, présente deux parois : une paroi interne, l'endothélium ; une paroi externe, la paroi contractile dans laquelle se forment plus tard les fibres musculaires striées. Ces deux parties se constituent isolément.

Je considère l'endothélium comme se formant dans les blastèmes cardiaques eux-mêmes, par suite de la désagrégation des cellules qui constituent leur partie centrale et, par conséquent, comme une production des lames mésodermiques qui pénètrent dans la chambre cardiaque. Or il y a des embryogénistes qui ont une autre opinion. Pour eux, l'endothélium cardiaque se produirait d'une manière complètement indépendante des lames mésodermiques. Il résulterait d'une prolifération de cellules provenant de la partie entodermique de la chambre cardiaque qui forme immédiatement la cloison pharyngienne. Dans cette manière de voir, le cœur, ou, plus exactement, la cavité cardiaque produite dans une masse de cellules endothéliennes, serait simple dès son origine. La dualité ne serait qu'apparente et proviendrait seulement de la coalescence des deux lames mésodermiques autour de la cavité endothélienne primitive.

Mais cette opinion est contraire aux faits. D'abord, elle n'explique pas l'existence de la cloison intertubulaire que nous avons vue, Kölliker et moi. Les embryogénistes qui la soutiennent n'ont évidemment observé le cœur qu'après la disparition de la cloison. D'autre part, cette opinion est absolument inadmissible, dans tous les faits tératologiques où il existe deux cœurs séparés, surtout lorsque ces deux cœurs se développent en dehors de la chambre cardiaque. Les blastèmes cardiaques sont évidemment des produits des lames mésodermiques ; ils s'y développent exactement comme les îles de sang.

Quant à la paroi musculaire du cœur, on s'accorde généralement à la considérer comme formée par deux replis de chacune des lames mésodermiques qui pénètrent dans la chambre cardiaque. Chacun de ces replis envelopperait partiellement chacun des tubes endothéliaux, en formant une gouttière dans laquelle ils seraient logés. Ils viendraient peu à peu à la rencontre l'un de l'autre et s'uniraient sur

la ligne médiane. Je pense que c'est très probablement ainsi que les choses se passent au début; mais que de plus le repli des lames mésodermiques autour des tubes endothéliaux a pour résultat de les recouvrir en entier et de leur former une enveloppe tout à fait continue. La cloison qui, à une certaine époque, sépare les deux tubes cardiaques, présenterait ainsi, non seulement une lame endothélique appartenant à chaque cavité, mais encore une paroi interne et beaucoup plus épaisse, formée par les lames mésodermiques elles-mêmes. C'est, du moins, ce qui me paraît résulter de l'examen de la coupe figurée plus haut. Il est d'ailleurs bien évident que les choses se passent ainsi, lorsque les cœurs se développent isolément.

Le cœur unique, ainsi produit, se présente alors dans la chambre cardiaque, sous la forme d'un sac fermé à son extrémité supérieure; tandis que son extrémité inférieure, placée au-dessus de la partie antérieure de l'orifice ombilical, présente deux prolongements qui viennent aboutir dans le réseau des vaisseaux capillaires des deux splanchnopleures.

Ces prolongements, que les anciens embryogénistes désignaient sous le nom de *cuisses du cœur* (*crura cordis*), et qui deviennent plus tard les *veines omphalo-mésentériques*, sont très probablement pleins, comme les blastèmes cardiaques à leur origine et aussi comme les cordons vasculaires qui se produisent dans l'aire vasculaire. En effet, pendant un certain temps, il n'existe aucune communication entre la cavité du cœur et les vaisseaux qui se produisent dans l'aire vasculaire. Cette communication ne s'établit que plus tard.

Ensuite l'extrémité antérieure du cœur se bifurque, par la formation de deux prolongements qui sont le point de départ des aortes.

Dans l'état actuel de la science, nous ignorons complètement leur mode de formation, comme nous ignorons d'ailleurs le mode de formation des vaisseaux dans toute l'étendue du corps de l'embryon. Les aortes primitives remontent des deux côtés du pharynx et se dirigent d'avant en arrière, au-dessous des proto-vertèbres. A peu près vers le milieu du tronc, elles émettent des branches qui s'écartent à angle droit et viennent s'anastomoser avec le réseau de l'aire vasculaire. Ces branches sont les *artères omphalo-mésentériques*.

L'appareil circulatoire est alors complet. Toutefois la circulation ne s'établit pas de suite. Le cœur devient contractile avant de s'être mis en communication avec le réseau vasculaire; mais il bat tout d'abord sur un liquide parfaitement incolore et transparent. Ce fait, observé

par Haller au siècle dernier, mais seulement dans quelques cas particuliers [1], et qui, par conséquent, pouvait être considéré comme une exception, a été constaté, d'une manière générale, par John Hunter, dès la fin du siècle dernier [2]. Le cœur bat d'abord sur un liquide privé de globules, et cet état dure jusqu'après la sortie de l'anse cardiaque, alors qu'on la voit au côté droit de l'embryon, quand on l'observe par sa face supérieure.

Le sang ne devient rouge dans le cœur que lorsque les cuisses du cœur se creusent d'une cavité, et deviennent les veines omphalo-mésentériques. C'est seulement alors que les globules, nés dans les îles de sang de l'aire vasculaire, peuvent pénétrer dans la cavité du cœur et se mélanger au liquide incolore soumis aux contractions de cet organe. Il est curieux de voir le sang se former ainsi dans deux parties différentes de l'organisme; le liquide transparent ou *plasma* dans la cavité du cœur, les globules rouges dans l'aire vasculaire; d'autant plus curieux que, d'après son mode de formation, les deux blastèmes cardiaques ressemblent complètement aux îles de sang, et ne sont, en réalité, que des îles de sang beaucoup plus volumineuses que les autres.

Dans le poulet, la division du cœur en trois chambres (oreillette, ventricule, bulbe) ne se produit qu'après la fusion des tubes cardiaques. Dans le lapin, d'après M. Kölliker, cette division du cœur en trois chambres est, au contraire antérieure à la fusion. Ce fait n'a d'ailleurs aucune importance, car il est évident que chaque tube cardiaque possède la faculté de se diviser isolément en trois chambres distinctes, comme le prouvent mes observations sur la tératogénie. Lorsque les tubes cardiaques se développent isolément, chacun d'eux se divise en trois chambres. Il n'est donc pas impossible que, même chez le poulet, cette division commençât, dans certains cas, à se faire avant la soudure.

[1] HALLER, *Opera minora*, t. II, p. 386. « In aliquot meis experimentis subsultum vidi nascentis embryonis, cum sanguis totusque fœtus decolor esset, ut hic omnino cum Harveio differam qui causam motus cordis in sanguine posuit, priusque rubescere humorem vitalem sibi persuasit, quam cor moveri inciperet. »

[2] JOHN HUNTER. « Lorsqu'on observe le poulet dans l'œuf, et qu'on voit le cœur battre, cet organe contient, avant qu'aucun globule rouge soit formé, un liquide transparent que l'on peut considérer comme formé par le sérum et par la lymphe. Les globules paraissent, non se former dans ces deux parties du sang déjà produites, mais plutôt prendre naissance dans leurs parties environnantes. » (*Traité du sang, de l'inflammation et des plaies par armes à feu*, dans les *Œuvres complètes*, trad. de Richelot, t. III, p. 85, 1794.)



Il reste à expliquer la formation du péricarde. Lorsque les deux prolongements du mésoderme pénètrent dans la chambre cardiaque, ils se partagent en deux lames, une lame supérieure, la somatopleure, une lame inférieure, la splanchnopleure. Les tubes cardiaques se produisent dans la splanchnopleure. L'accolement de ces deux lames dans la chambre cardiaque produit, inférieurement d'abord, puis supérieurement, deux replis qui forment ce que l'on appelle le *mésentère cardiaque inférieur*, puis le *mésentère cardiaque supérieur*. Ces deux mésentères forment alors, au-dessous et au-dessus du cœur, deux cloisons qui séparent deux cavités qui ne sont que l'extension des fentes pleuro-péritonéales. Plus tard, ces deux cloisons disparaissent : les deux fentes pleuro-péritonéales se réunissent pour ne former qu'une cavité unique qui devient le péricarde. Alors le cœur est complètement libre dans le péricarde; il ne se rattache plus au reste de l'embryon que par les veines omphalo-mésentériques et par les aortes.

§ 5.

Il est assez difficile de suivre, dans l'évolution normale, les phases successives de la formation du cœur. D'abord elles se succèdent avec une très grande rapidité. Ensuite, comme je l'ai dit souvent, l'évolution embryonnaire se fait plus ou moins vite dans les différents embryons. On ne peut donc pas rencontrer, d'une manière certaine, la phase que l'on voudrait étudier, et on est obligé, pour y arriver, de multiplier presque indéfiniment les observations. Telle est évidemment la cause des divergences que l'on rencontre encore chez les auteurs qui se sont occupés de ce point d'embryogénie.

Mais ici la tératogénie intervient avec avantage. L'arrêt de développement, condition initiale de la plupart des anomalies et des monstruosités simples, a pour résultat de rendre permanentes des dispositions qui ne sont que transitoires dans l'état normal. Elle permet ainsi de constater des phases de l'évolution du cœur qui, autrement, auraient été très longtemps inaperçues.

L'existence des deux lames antérieures du mésoderme, en avant de la tête, et leur indépendance, pendant un certain temps, est parfaitement démontrée par les cas tératologiques dans lesquels elles se développent d'une façon inégale.

Le lieu d'origine des deux blastèmes cardiaques primitifs, bien que je n'aie pu encore l'établir, dans l'évolution normale, d'une manière

précise, doit être évidemment au point où les lames mésodermiques antérieures s'écartent des deux côtés de la tête de l'embryon. Il y a des cas tératologiques assez nombreux dans lesquels ces lames n'émettent point les prolongements qui viennent se réunir au-dessous de la tête; où, par conséquent, les blastèmes cardiaques très écartés l'un de l'autre se développent isolément et constituent deux cœurs. Il y a des cas tératologiques plus nombreux encore, où la tête pénétrant entre les deux lames mésodermiques antérieures, celles-ci se réunissent au-dessus d'elle, et non au-dessous comme dans l'état normal. Les deux cœurs viennent alors s'adosser au-dessus de la tête, et parfois ils s'y unissent pour former un cœur unique. Cette monstruosité, que j'ai découverte et décrite sous le nom d'*omphalocéphalie*, est très fréquente chez les embryons de poule. Je l'étudierai plus loin en détail [1].

La dualité du cœur se produit également lorsque les prolongements des lames antérieures du mésoderme, bien qu'ayant pénétré dans la chambre cardiaque, s'arrêtent dans leur développement, avant de s'unir sur la ligne médiane. J'ai observé, plusieurs fois, des cas de ce genre. Tantôt ils se produisent sans être accompagnés par d'autres anomalies; mais, le plus ordinairement, ils se présentent chez des embryons affectés d'autres monstruosités, comme la cyclopie ou l'otocéphalie, sans que l'on voie de relations nécessaires entre ces divers faits tératologiques.

Dans ces cas de dualité primitive du cœur, j'ai vu les cœurs ainsi produits se partager en trois chambres (oreillette, ventricule et bulbe) et former des anses cardiaques, dont l'une présentait la disposition normale, tandis que l'autre était affectée d'inversion. Tantôt ils battaient sur un liquide incolore, tantôt ils battaient sur du sang rouge. Je ne puis savoir ce qu'ils seraient devenus, si les embryons qui les présentaient avaient atteint l'âge de l'éclosion. Les physiologistes qui ont rencontré deux cœurs chez des oiseaux adultes ne nous ont pas renseignés à cet égard. Mais je suppose que ces cœurs s'étaient développés d'une manière complète, et qu'ils présentaient l'un et l'autre la formation du cœur pulmonaire et du cœur aortique. On ne peut comprendre autrement la permanence de la vie chez les êtres qui les présentaient. Or il est bien évident qu'ici, comme d'ailleurs dans toutes les sciences d'observation, on ne peut répondre

[1] Voir, dans la 3e partie, le chapitre v, § 1.

à la question que par les faits. Je dois donc appeler tout particulièrement l'attention des anatomistes sur les cas de cette nature, excessivement peu nombreux, qu'ils pourraient rencontrer dans leurs études.

La dualité permanente du cœur a été obtenue, dans ces dernières années, par M. Warynski, à l'aide d'expériences directes[1]. Voici comment il procède, pour maintenir l'écartement des blastèmes cardiaques et pour les contraindre à se développer isolément. Il enlève un petit fragment de la coquille, afin d'agir physiquement ou mécaniquement sur la tête de l'embryon; puis il recolle ce fragment et replace l'œuf dans l'appareil d'incubation où il continue à se développer. Tantôt il soumet l'extrémité céphalique de l'embryon à l'action d'un thermocautère; tantôt il la déprime à l'aide d'un petit scalpel à tranchant émoussé. Dans le premier cas, la cautérisation détruit partiellement la tête; dans le second, la pression exercée par le scalpel déprime la tête qu'elle fait pénétrer dans la gouttière abdominale, et produit parfois l'omphalocéphalie; mais, dans tous les cas, le cœur est double par suite du développement isolé des blastèmes cardiaques[2].

La dualité primitive du cœur a donc une grande importance dans l'évolution des monstres simples. Elle en a également une grande dans l'évolution de certains types de la monstruosité double, les types que l'on désigne sous les noms de *janiceps*, *iniopes*, *synotes* et *déradelphes*. Ces monstres ont deux cœurs, mais deux cœurs qui appartiennent par moitié à chacun des sujets composants. La formation de ces cœurs était absolument inintelligible jusqu'au jour où j'ai découvert la dualité primitive des blastèmes cardiaques. En effet, dans ces monstres, les deux blastèmes cardiaques de chacun des sujets compo-

[1] Warynski et Fol, *Recherches expérimentales sur la cause de quelques monstruosités simples et de divers processus embryogéniques*, dans le *Recueil zoologique suisse*, t. Ier, p. 1, 1883. — Warynski, *Recherches expérimentales sur le mode de formation des omphalocéphales*, dans le *Recueil zoologique suisse*, t. I, p. 291, 1884. — *Sur la production artificielle des monstres à cœur double chez les poulets*, thèse présentée à la Faculté de médecine de Genève, 1885.

[2] Je me contente actuellement de mentionner ces expériences. J'y reviendrai plus tard, quand je m'occuperai spécialement de l'omphalocéphalie. Je ferai seulement remarquer que la destruction partielle de la tête à l'aide du thermocautère ne peut, en aucune façon, être comparée à l'acéphalie, comme le fait M. Warynski. On ne peut pas dire qu'un embryon est acéphale parce que l'on a détruit la tête par un procédé chirurgical. Les faits de ce genre, quelque intéressants qu'ils soient, sont d'une tout autre nature que les faits d'acéphalie qui se produisent spontanément, mais très rarement, dans les œufs incubés. Voir dans le chapitre VIII, § 4 de la 3e partie, le résumé de mes observations sur l'acéphalie.

sants, au lieu de s'unir entre eux, viennent s'unir sur le plan d'union avec le blastème cardiaque correspondant de l'autre sujet. C'est l'un des résultats les plus curieux de mes observations tératogéniques[1].

Je dois, pour le moment, me contenter de signaler ces faits. Je les étudierai plus en détails quand je m'occuperai de l'étude spéciale de chacune de ces anomalies.

[1] Voir le chap. IX, § 5 de la 3e partie.

CHAPITRE II

ANOMALIES DES ANNEXES DE L'EMBRYON

SOMMAIRE : 1° Considérations générales. — 2° Développement du blastoderme sans embryon. — 3° Déformations du blastoderme et de l'aire vasculaire. — 4° Arrêts de développement des îles de sang et hydropisie embryonnaire. — 5° Anomalies des vaisseaux de l'aire vasculaire. — 6° Arrêts de développement de l'amnios. — 7° Arrêts de développement de l'allantoïde.

§ 1.

Les physiologistes qui ont étudié les anomalies et les monstruosités se sont bornés à celles qui affectent l'embryon lui-même; ils ne se sont que très rarement occupés de celles qui affectent ses annexes. Cela tient à ce que, pendant longtemps, on n'a guère observé les êtres anormaux et monstrueux qu'après la naissance, à une époque où ils se sont complètement dégagés de ces parties accessoires qui n'ont qu'une existence passagère. Panum est le seul embryogéniste qui ait signalé quelques faits intéressants concernant les anomalies du blastoderme, du feuillet vasculaire et de l'amnios; mais il n'a donné, à leur égard, que des indications incomplètes et parfois erronées[1]. Les nombreux matériaux que j'ai recueillis dans mes expériences me permettent de combler, en grande partie, ces lacunes de la tératogénie.

Les anomalies des annexes de l'embryon, le plus ordinairement, n'ont pas en elles-mêmes beaucoup d'intérêt; mais elles ont une importance considérable par le rôle qu'elles jouent dans la tératogénie. Is. Geoffroy Saint-Hilaire avait annoncé que le fait initial d'un grand nombre de monstruosités devait être cherché dans les relations de l'embryon monstrueux avec les membranes de l'œuf et le placenta[2]. Mes expériences ont pleinement confirmé cette prévision de l'auteur du *Traité de tératologie*.

Les anomalies des annexes de l'embryon se rattachent au blasto-

[1] PANUM, *Untersuchungen*, etc., *passim*.
[2] Voir page 196.

derme, au feuillet vasculaire, à l'amnios, à l'allantoïde. On verra comment ces anomalies produisent souvent des événements tératologiques et parfois aussi des événements pathologiques.

§ 2.

L'anomalie la plus simple que j'ai rencontrée dans mes expériences est le développement du blastoderme sans embryon. L'ectoderme et l'entoderme se produisent comme dans l'évolution normale; mais le mésoderme fait entièrement défaut. Le blastoderme, ainsi constitué, s'étend sur une partie plus ou moins grande de la surface du jaune, et même, dans quelques cas, le revêt entièrement en formant un sac qui se substitue à la membrane vitelline.

Ce fait a été signalé, depuis longtemps, par Broca, dans les œufs soumis à l'incubation tardive [1]. J'ai constaté l'exactitude des observations de Broca, et j'ai vu de plus que le développement du blastoderme sans embryon peut également se produire aux températures les plus basses et les plus élevées qui déterminent l'évolution du germe [2].

Dans d'autres cas, le blastoderme continue à se développer, après la mort et la désorganisation complète de l'embryon [3].

Il y a donc une certaine indépendance entre l'évolution du blastoderme et celle de l'embryon, bien que celui-ci, provenant en grande partie du mésoderme, s'approprie certaines parties de l'ectoderme et de l'entoderme. La preuve de cette indépendance est dans l'observation suivante. Agassiz a montré depuis longtemps que la couche d'albumine qui revêt le jaune disparaît peu à peu au-dessus de l'embryon en laissant un espace circulaire vide. Or j'ai constaté que cette disparition de l'albumine ne se produit que lorsqu'il existe un embryon, et qu'elle n'a pas lieu dans le cas contraire. On doit en conclure que, au début de l'évolution, l'embryon se nourrit aux dépens de l'albumine, tandis que le blastoderme se nourrit aux dépens du jaune [4]. On peut ainsi constater si le blastoderme s'est développé sans embryon, ou si l'embryon a existé mais a péri de très bonne heure.

Le développement de blastodermes sans embryon, ou avec un embryon mort au début de l'évolution et plus ou moins complètement

[1] Voir page 101.
[2] Voir dans l'Atlas, pl. II, fig. 6.
[3] Voir page 117.
[4] Dareste, *Sur quelques faits relatifs à la nutrition de l'embryon dans l'œuf de la poule.* (*Comptes rendus*, t. LXXXIII, p. 336, 1876.)

désorganisé, a été, depuis longtemps, signalé dans l'espèce humaine. Il s'y présente avec des caractères d'autant plus remarquables que, dans cette espèce, comme d'ailleurs dans tous les mammifères à placenta, le blastoderme possède une complication beaucoup plus grande que dans l'œuf de l'oiseau.

En effet, tandis que, chez l'oiseau, la couche extérieure, ectodermique, du blastoderme, reste complètement lisse; dans l'œuf du mammifère, cette couche, à laquelle on donne le nom de *chorion,* donne naissance, sur une partie plus ou moins grande de son étendue, à des prolongements creux que l'on désigne sous le nom de *villosités.* Or ces villosités qui prennent un développement de plus en plus considérable, peuvent continuer à s'accroître, et même se modifier dans leur constitution, lorsque l'embryon a péri à une époque très précoce, et aussi, j'en suis convaincu, lorsque l'embryon ne s'est point formé.

Reichert a décrit et figuré, en 1873, un œuf humain très jeune et sans embryon, dans lequel la vésicule blastodermique présentait à l'extérieur un chorion pourvu de villosités. Il considérait cet œuf comme normal. Kölliker, qui mentionne le fait, émet des doutes sur sa signification; il pense que c'est un œuf développé d'une manière anormale, en s'appuyant sur ce que, dans l'œuf de la lapine, la production des villosités est postérieure à la formation de l'amnios, et, par conséquent, à la formation de l'embryon. Le fait de Reichert serait donc un blastoderme sans embryon, qui aurait continué à se développer[1]. J'ai moi-même observé, il y a plusieurs années, un œuf humain également très jeune et qui présentait aussi de nombreuses villosités, œuf qui m'avait été remis par le regretté professeur Parrot, avec prière de rechercher s'il était embryonné. Je l'ai examiné avec soin, et je n'y ai rien trouvé qui ressemblât à un embryon. Je crois donc que, dans le cas de Reichert comme dans le mien, l'embryon ne s'était pas formé dans la vésicule blastodermique qui avait cependant continué à se développer, comme le prouvait la présence de villosités choriales.

Je sais bien que l'on pourra m'objecter que, dans ces deux cas, l'embryon avait existé, mais qu'il avait péri de bonne heure sans laisser de traces appréciables; mais ce n'est qu'une hypothèse à substituer à celle que j'ai émise. Ici, comme dans beaucoup d'autres

[1] REICHERT, *Beschreibung einer frühzeitigen menschlichen Frucht im blaschenförmigen Bildungzustande*, dans les *Mém. de l'ac. de Berlin*, 1873. — KÖLLIKER, *Entwickelungsgeschichte des Menschen*, etc., 2e édition, p. 304.



cas, la vérité ne pourra être établie que par l'étude et la comparaison d'un grand nombre de faits. Je soumets la question aux embryogénistes.

Mais il y a un fait certain; c'est que les villosités choriales peuvent continuer à s'accroître, et même prendre un développement considérable à la surface du blastoderme, en l'absence de l'embryon, soit qu'il ne se soit pas formé, soit qu'il ait péri de très bonne heure. Cela a été signalé, depuis longtemps, par Bischoff[1]. Robin attribuait à un développement excessif des villosités choriales, après la mort de l'embryon, la formation de ces corps énigmatiques qui se produisent parfois dans la matrice des femmes, et que l'on désigne sous le nom de *môles vésiculaires* ou *hydatiques*. Les vésicules kystiques souvent extrêmement nombreuses, que l'on observe à la surface de ces corps, seraient le résultat d'hypertrophies des villosités[2]. Bien que je n'aie point fait d'observations directes sur ces étranges organismes. j'ai la conviction que cette idée de Robin est l'expression de la vérité[3].

Ainsi donc, l'évolution du blastoderme peut se poursuivre plus ou moins longtemps, en l'absence de l'embryon Comment expliquer cette indépendance? Ici, nous ne pouvons pas ne pas penser aux vues ingénieuses de Milne Edwards sur la signification du blastoderme[4].

On connaît la génération alternante si commune dans certaines classes inférieures de l'animalité. L'être vivant qui sort de l'œuf présente souvent une organisation tout à fait différente de celle de ses parents immédiats qui l'ont produit par une génération sexuée, organisation tellement différente, dans certains cas, qu'il a été pendant longtemps considéré comme appartenant à une classe distincte. Tels sont les polypes hydraires quand on les compare aux méduses. Cet être est privé de sexe; mais il donne naissance par bourgeonnement

[1] Bischoff, *Traité du développement de l'homme et des mammifères*, trad. franç., p. 141.

[2] Robin, *Du microscope et des injections dans leurs applications à l'anatomie pathologique*, 1849, p. 31.

[3] Ainsi que je l'ai déjà dit (p. 77), je ne saurais trop recommander l'étude des œufs abortifs. Plus je m'occupe de recherches tératogéniques et embryogéniques, et plus j'arrive à croire qu'elle fournira des matériaux très importants pour la tératogénie humaine, et qu'elle donnera la confirmation des idées que j'ai émises depuis longtemps, en partant de mes expériences sur les œufs des oiseaux. Mais il n'y a que des médecins, ayant une nombreuse clientèle, qui soient en mesure de réunir les éléments d'un pareil travail.

[4] Milne Edwards, *Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée de l'homme et des animaux*, t. VIII, p. 416.

à des individus sexués qui présentent, dans leur organisation, le type de l'espèce. Milne Edwards, désigne sous le nom de *métazoaires* les individus privés de sexe qui se reproduisent par bourgeonnement, et, sous le nom de *typozoaires* les individus qui se reproduisent par génération sexuée.

Or Milne Edwards considère le blastoderme comme un *métazoaire* et l'embryon comme un *typozoaire*. La seule différence entre les blastodermes et les métazoaires des animaux inférieurs serait que, tandis que ces derniers constitueraient de véritables animaux vivant d'une vie indépendante, les blastodermes seraient toujours des organismes plus ou moins rudimentaires et ne pouvant vivre que dans l'intérieur de l'œuf (animaux ovipares) ou de la matrice (animaux vivipares). La génération alternante ainsi comprise ne serait plus une exception dans l'animalité et deviendrait la règle générale.

Ce n'est pas ici le lieu de discuter une pareille question. Je me bornerai à faire remarquer que l'histoire du blastoderme nous présente, chez les animaux supérieurs, un fait très important qui vient à l'appui des vues de Milne Edwards : c'est le fait de la gémellité uni-vitelline que l'on a constaté dans plusieurs classes de l'embranchement des vertébrés, et qui, probablement, se rencontrera dans toutes. Le plus ordinairement le blastoderme ne donne naissance qu'à un seul embryon, mais, dans certains cas, il peut en produire deux et même parfois un plus grand nombre. Ces embryons naissent comme des bourgeons sur un blastoderme unique. Je me borne à mentionner ce fait que j'étudierai ultérieurement d'une manière plus complète, car il joue un rôle considérable dans la tératogénie [1].

§ 3.

La cicatricule féconde se présente, au moment de la ponte, sous la forme d'une petite lame circulaire, de 3 à 5 millimètres de diamètre, qui vient toujours se placer au point culminant de l'œuf, dans quelque position qu'on le place. Dans l'évolution normale, elle s'accroît d'une quantité égale en tous sens, de telle sorte que le blastoderme, auquel elle donne naissance, conserve toujours son contour circulaire.

Il en est de même du mésoderme qui se produit au centre du blastoderme. Lorsqu'il s'est complètement formé [2], il est également ter-

[1] Voir plus loin le chapitre VII de la 3e partie.

[2] On a vu en effet (chapitre I, § 1 de la 1re partie) que le mésoderme n'acquiert qu'après un certain temps sa forme circulaire définitive.



miné par un contour circulaire. Ce fait devient complètement visible lorsque l'aire vasculaire s'est produite. Il se présente alors sous la forme d'une lame circulaire, interposée entre le feuillet ectodermique et le feuillet entodermique du blastoderme, lame qui va toujours en s'étendant dans tous les sens, mais qui, dans son extension continue, conserve toujours son contour circulaire primitif.

Dans certains cas d'évolution anormale, les différentes parties du blastoderme, puis la lame du mésoderme, s'accroissent d'une manière inégale. Le blastoderme et le mésoderme prennent alors un contour elliptique. L'embryon occupe l'un des foyers de l'ellipse.

Cette déformation n'a, par elle-même, aucune importance. Mais elle présente, au point de vue de la science, un très grand intérêt, parce qu'il est possible à l'expérimentateur de la produire à volonté. C'est, jusqu'à présent, le seul fait de tératogénie que l'on peut obtenir d'une manière certaine.

La déformation elliptique du blastoderme, puis du mésoderme, se produit nécessairement dans la couveuse à air libre, toutes les fois que le point culminant de l'œuf et son point de contact avec la source de chaleur ne coïncident pas, sans être cependant très éloignés.

J'ai montré [1] comment cette position des œufs, par rapport à la source de chaleur, détermine un échauffement inégal des différentes parties du blastoderme et du mésoderme, et comment cet échauffement inégal détermine à son tour un développement plus considérable d'un côté que de l'autre ; comment, par conséquent, la forme circulaire primitive du blastoderme et du mésoderme devient une forme elliptique.

J'ai pu démontrer complètement l'exactitude de cette proposition à l'aide d'une couveuse de Cantelo que MM. les directeurs du Jardin d'acclimatation avaient bien voulu mettre à ma disposition en 1864. Dans cette couveuse, les œufs ne sont en contact avec la source de chaleur que par un point; mais ce point est toujours le point culminant. J'ai constaté que, dans ces conditions, le blastoderme et l'aire vasculaire présentent toujours la forme normale, c'est-à-dire la forme circulaire, et que, par conséquent, la cause que je considérais comme déterminant les déformations elliptiques que je viens de décrire, en est bien la véritable.

Dans les déformations elliptiques, la consommation de l'albumine au-dessus du disque embryonnaire est en rapport avec la forme de ce

[1] Voir le chapitre IV, § 6 de la 1re partie.

disque. La coagulation de l'albumine, à l'aide de l'eau bouillante ou de l'alcool, montre en effet que l'espace vide qui résulte de cette consommation, au lieu de présenter, comme dans l'état normal, la forme d'un tronc de cône à base circulaire, prend, au contraire, la forme d'un tronc de cône à base elliptique.

Comme la déformation elliptique du blastoderme et du mésoderme résulte d'un certain mode d'emploi de la couveuse à air libre, je la produis à volonté et d'une manière certaine. Il y a là un effet très nettement déterminé.

Mais j'ai été plus loin. Je puis déterminer à volonté, et d'une manière à peu près certaine, la position qu'occupe l'embryon dans les blastodermes ainsi déformés.

Pour faire comprendre comment j'obtiens ce résultat, il est nécessaire d'entrer dans quelques détails sur les rapports de position de l'embryon avec les autres parties de l'œuf.

Je rappelle d'abord deux faits que j'ai souvent mentionnés, parce qu'ils dominent toute la tératogénie : 1° que l'embryon à son début vient toujours se placer à la partie culminante de l'œuf; 2° que, dans les premiers temps de l'évolution, l'axe longitudinal de l'embryon est presque toujours perpendiculaire à l'axe longitudinal de l'œuf.

Il faut encore ajouter un troisième fait, établi par Baer[1] : c'est que, dans le plus grand nombre des cas, l'embryon, à son début, est toujours orienté dans l'œuf d'une certaine manière. Si l'on place un œuf devant soi de telle sorte que le gros bout soit tourné du côté de l'observateur, la partie qui deviendra la tête de l'embryon est presque toujours placée en face du côté gauche de l'observateur. Lorsque l'embryon se retourne sur le jaune, il se place par conséquent de telle sorte que sa face dorsale est tournée du côté de l'observateur.

La connaissance de cette orientation primitive de l'embryon dans l'œuf me permet de lui donner telle position que je veux sur le blastoderme ou sur l'aire vasculaire.

Ces positions sont en nombre infini, comme les diamètres d'un cercle. Il n'y avait aucun intérêt à les réaliser toutes; mais je me suis appliqué à en produire quatre principales, qui forment, pour ainsi dire, autant de points singuliers.

[1] Baer, dans la *Physiologie* de Burdach, trad. franç., t. III, p. 206. — N'ayant pas à ma disposition le grand ouvrage de Baer, je renvoie à la *Physiologie* de Burdach, en rappelant que toute la partie de cet ouvrage qui traite de l'évolution du poulet est tirée textuellement de l'ouvrage de Baer.



Le grand axe de l'embryon peut être perpendiculaire au grand axe du blastoderme et du mésoderme ou parallèle à ce grand axe, et chacune de ces deux positions se dédouble en deux autres.

Dans le premier cas, l'axe de l'embryon partage l'ellipse en deux segments inégaux, dont le plus grand occupe tantôt la droite et tantôt la gauche de l'embryon.

Dans le second cas, le grand segment de l'ellipse est en rapport, tantôt avec la région caudale, et tantôt avec la région céphalique.

On conçoit que ces quatre positions de l'embryon peuvent passer de l'une à l'autre par une infinité de positions intermédiaires, qui toutes

Fig. 11.

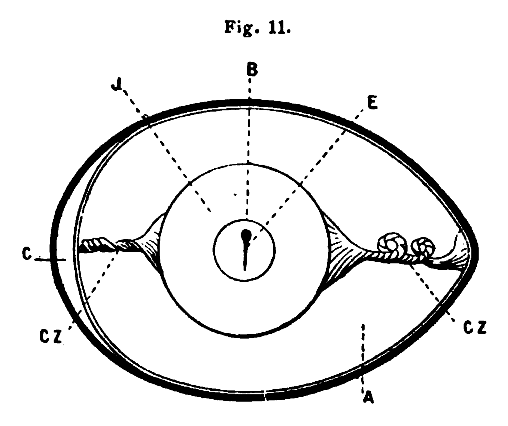


Fig. 11. Coupe schématique de l'œuf pour montrer l'orientation de l'embryon. A, albumine. J, jaune. B, blastoderme. E, embryon. C, chambre à air. CZ, CZ, chalazes.

pourraient être obtenues à volonté, avec une exactitude plus ou moins grande; mais la production de ces positions n'aurait pas d'importance.

Rien n'est plus facile que de produire ces quatre positions principales.

Pour obtenir la perpendicularité de l'axe de l'embryon sur le grand axe de l'ellipse, il faut placer l'œuf dans une position telle que l'axe de l'embryon soit parallèle à l'axe des tuyaux de circulation d'eau chaude de la couveuse. On y parvient en mettant l'œuf dans une position oblique par rapport aux tuyaux. Ainsi placé, il a nécessairement son gros bout ou son petit bout plus élevé que l'autre. Le premier cas détermine le plus grand développement du segment du blastoderme et de l'aire vasculaire qui occupe la gauche de l'embryon; le second

détermine le plus grand développement du segment du blastoderme et de l'aire vasculaire qui occupe la droite de l'embryon[1].

Pour obtenir le parallélisme de l'axe de l'embryon avec le grand axe de l'ellipse, il faut que l'œuf soit placé de telle manière que cet axe de l'embryon soit perpendiculaire à l'axe des tuyaux de circulation. Dans ce cas, si l'embryon est en rapport avec la source de chaleur par la région céphalique, le blastoderme et l'aire vasculaire se développent surtout au-dessus de la tête. Si au contraire l'embryon est en rapport avec la source de chaleur par la région caudale, le blastoderme et l'aire vasculaire se développent surtout au-dessous de la région caudale.

Les positions obliques de l'embryon, que je n'ai pas cherché à produire, apparaissent assez souvent, car, par suite de la forme de l'œuf, il est souvent difficile de le placer dans une situation absolument invariable et immuable. Il y a alors un fait qui se produit fréquemment quand la tête de l'embryon est tournée vers la source de chaleur : c'est qu'il n'y a qu'une des lames du bord antérieur du feuillet vasculaire qui se développe. Dans ces conditions, l'anomalie est plus complexe qu'il ne semblerait au premier abord[2].

Il faut encore ajouter que l'orientation primitive de l'embryon dans l'œuf est très générale, mais non absolument constante. Il en résulte que, dans un certain nombre de cas, les expériences ne donnent pas de résultat précis quant à la position de l'embryon dans le blastoderme. Mais ces exceptions dans le résultat obtenu ne peuvent évidemment pas contredire la règle, puisqu'elles proviennent toujours d'une condition primitive qui est elle-même exceptionnelle.

Ces déformations elliptiques du blastoderme et de l'aire vasculaire que l'on peut produire à volonté ont d'ailleurs un autre intérêt, c'est qu'elles s'accompagnent très souvent de diverses anomalies ou monstruosités de l'embryon.

Parmi ces anomalies, il en est une que j'ai rencontrée assez fréquemment dans certaines de ces déformations de l'aire vasculaire : c'est l'inversion des viscères. Elle se produit, mais non d'une manière constante, dans le cas où le plus grand développement de l'aire vas-

[1] Pour qu'il n'y ait pas d'équivoque sur ces termes de droite et de gauche, je dois dire qu'elles se rattachent toutes à la face dorsale de l'embryon, celle que l'on aperçoit lorsque l'on ouvre un œuf au début de sa formation.

[2] Voir dans l'Atlas la pl. III, qui contient un certain nombre d'exemples de ces déformations.



culaire se fait à la gauche de l'embryon. Alors l'anse cardiaque apparaît du côté gauche, et la tête se retourne en sens inverse de sa position ordinaire. Toutefois l'excès de développement de l'aire vasculaire à la gauche de l'embryon n'est pas la seule cause de cette anomalie. Il faut

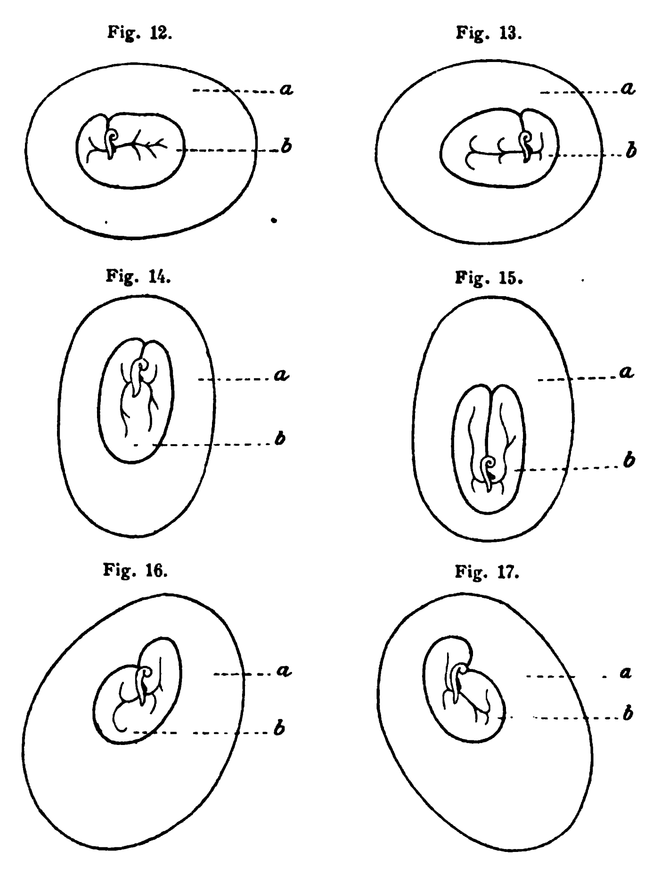


Fig. 12, 13, 14, 15, 16, 17. Schémas présentant les déformations elliptiques du blastoderme et de l'aire vasculaire; *a*, blastoderme; *b*, aire vasculaire. — Fig. 12 et 13. Axe de l'embryon perpendiculaire au grand axe de l'ellipse. — Fig. 14 et 15. Axe de l'embryon parallèle au grand axe de l'ellipse. — Fig. 16 et 17. Axe de l'embryon oblique au grand axe de l'ellipse. Dans ces deux dernières figures la déformation de l'aire vasculaire tient en grande partie au développement inégal des deux lames antérieures du mésoderme.

encore une certaine température du point de chauffe et une certaine température de l'air, températures que je n'ai pu jusqu'à présent déterminer. Quoi qu'il en soit, l'action de ces causes extérieures sur la production de l'inversion des viscères me paraît bien prouvée par ce fait que cette anomalie s'est toujours produite par séries, et que, par con-

séquent, il y avait une même cause qui agissait sur tous les œufs. J'ai l'espoir que je pourrai quelque jour déterminer ces conditions.

Que deviennent, dans ces conditions insolites, le blastoderme et l'aire vasculaire ainsi déformés? J'ai constaté, dans certains cas, que si l'évolution continue, le blastoderme et l'aire vasculaire finissent par reprendre leur forme normale; tandis que, dans d'autres, leur développement est définitivement arrêté à un certain moment, et l'embryon ne tarde pas à périr. Il est évident pour moi que ces résultats dépendent de la différence qui existe entre la température du point de chauffe et la température du local où se font les expériences. Il y a là deux données du problème que je n'ai pu, jusqu'à présent, déterminer avec exactitude.

En dehors de ces anomalies si remarquables, parce qu'on peut les produire à volonté, il y en a une autre que j'ai rencontrée assez souvent dans mes expériences tératogéniques, c'est que l'une ou l'autre des deux lames antérieures du mésoderme peut manquer d'une manière plus ou moins complète par suite d'un arrêt de développement. Ce fait, que j'ai déjà signalé dans les déformations obliques du mésoderme et du blastoderme, peut se produire également lorsque le développement du blastoderme est régulier. On le rencontre principalement dans les cas de dualité du cœur, et particulièrement dans les cas d'omphalocéphalie [1].

Il faut encore ajouter que le blastoderme, tout en ayant sa forme normale, peut s'arrêter dans son développement à une certaine époque de l'évolution, et que le sac qu'il forme autour de la matière du jaune ne se se forme point dans l'extrémité opposée à celle de l'embryon [2]. La question du mode d'occlusion du sac blastodermique présente de très grandes difficultés. Il me faudrait beaucoup d'observations pour la résoudre. Je dois me borner ici à la signaler et à faire remarquer que cet arrêt de développement du blastoderme a pour conséquence un arrêt de développement de l'allantoïde, et, par suite, l'asphyxie et la mort de l'embryon.

§ 4.

L'aire vasculaire, c'est-à-dire l'ensemble des vaisseaux qui se produisent dans le feuillet vasculaire ou la lame inférieure de la partie périphérique du mésoderme, peut devenir anormale par l'effet de la

[1] Voir le chapitre v, § 1 de la 3e partie.
[2] Voir page 166.

formation incomplète des vaisseaux. Cette anomalie a une très grande importance, car elle empêche le sang de se compléter par l'adjonction des globules, et détermine ainsi, plus ou moins rapidement, l'hydropisie, la désorganisation et la mort de l'embryon [1].

J'ai rencontré fréquemment cette anomalie lorsque je faisais couver des œufs à une température un peu supérieure à celle qui donne l'évolution normale. Il y a très probablement entre ces faits autre chose qu'une simple coïncidence. Mais, jusqu'à présent, mes études ne me permettent pas d'expliquer cette relation.

L'aire vasculaire présente à son début un réseau de vaisseaux capillaires qui occupe toute la lame inférieure de la partie périphérique du mésoderme. Ce réseau est terminé par un vaisseau circulaire qui l'entoure de tous les côtés et que l'on désigne sous les noms de *veine terminale* ou *primigéniale*.

Quand on étudie la formation des éléments de cette aire vasculaire, on voit que la veine terminale apparaît à son origine sous la forme d'une ligne circulaire dont la couleur rouge, d'abord assez peu intense, devient de plus en plus foncée et finit par présenter la coloration du sang. Il n'en est pas de même dans l'enceinte formée par la veine terminale. Là les éléments du réseau des vaisseaux capillaires se constituent d'abord isolément et ne s'unissent entre eux que d'une manière consécutive. On les voit, dans le feuillet vasculaire, sous la forme de très petites taches, dont la couleur d'un rouge très pâle devient peu à peu beaucoup plus foncée. Quand on examine ces taches au microscope, on voit qu'elles sont constituées par des amas de globules sanguins et que leur couleur devient de plus en plus foncée par suite de l'augmentation croissante du nombre des globules et aussi de l'intensité de leur coloration. On désigne ces amas sous le nom d'*îles de sang* (*Blutinseln*), et souvent aussi sous le nom, d'ailleurs impropre, d'*îles de Wolff* [2].

[1] J'ai signalé ces faits en 1866 (*Comptes rendus*, t. LXIII, p. 448); puis, beaucoup plus complètement, en 1872, dans les *Archives de zool. expériment.* (t. I, p. 169).

[2] Ces taches rouges ont été désignées sous le nom d'*îles de Wolff*. Mais cette désignation est complètement inexacte. Wolff a bien parlé d'*îles* dans l'aire vasculaire ou, comme il l'appelait, l'*aire ombilicale*; mais ces îles ont une toute autre signification. Cherchant à se rendre compte de la formation des vaisseaux, il admettait qu'à un certain moment la matière *glutineuse* qui forme le blastoderme (car il ne connaissait pas encore sa constitution par la superposition des trois feuillets, qu'il a seulement entrevue plus tard) se liquéfie sur un grand nombre de points, de manière à constituer un réseau de lacunes qui plus tard se transforment en vaisseaux et se remplissent de sang. Les espaces solides qui restent enfermés dans les mailles du réseau

Les îles de sang, d'abord isolées, et, par conséquent, complètement indépendantes, ne tardent pas à se réunir par des formations intermédiaires. On voit alors partir de chacune d'elles plusieurs lignes rouges qui se dirigent dans tous les sens. Ces lignes vont à la rencontre des lignes provenant des îles voisines, s'anastomosent avec elles et forment finalement un réseau, le réseau des vaisseaux capillaires de l'aire vasculaire.

L'aire vasculaire est, au début, complètement indépendante du cœur, qui s'est formé de son côté et qui ne se met en rapport avec elle que beaucoup plus tard. Cela se produit d'abord par la formation de cavités tubulaires dans les cuisses du cœur qui deviennent les veines omphalo-mésentériques, puis par la formation des artères omphalo-mésentériques. Tant que ces communications ne sont pas établies, le liquide contenu dans les cavités du cœur est complètement dépourvu de globules; il est par conséquent incolore et transparent. Le véritable sang ne se constitue que par la pénétration des globules dans les cavités du cœur.

Telle est l'évolution normale des vaisseaux dans l'aire vasculaire. Mais il y a des cas où cette évolution s'arrête plus ou moins vite, comme je l'ai découvert depuis longtemps. Alors les îles de sang n'émettent pas les prolongements anastomotiques qui les unissent entre elles, et elles restent complètement isolées. Dans ces conditions, elles continuent à s'accroître et prennent un volume de plus en plus grand, par suite de la formation incessante des globules qui peuvent s'accumuler dans leur intérieur, en quantité très considérable (200 ou 300 à peu près). On voit alors, dans la partie mésodermique de l'aire vasculaire, un nombre plus ou moins grand de taches rouges, assez grandes, et isolées les unes des autres [1]. Ces îles, ainsi arrêtées dans

vasculaire forment ce qu'il appelle les *îles*. On voit donc que les îles décrites par Wolff sont précisément le contraire de ce que l'on désigne ordinairement sous ce nom, puisque cette dernière dénomination s'applique aux cavités qui sont le point de départ des vaisseaux, tandis qu'il désignait sous ce nom les parties du feuillet vasculaire enfermées dans les mailles du réseau vasculaire (Wolff, *Theoria generationis, passim.*) Cette dénomination provient de Pander, qui a renversé les termes de la description, et donné le nom d'*îles de Wolff* aux lacunes produites dans l'intérieur même du feuillet vasculaire.

[1] Klein est, à ma connaissance du moins, le seul embryogéniste qui ait vu et figuré ces faits; mais il en a complètement méconnu la signification, car il les considère comme un état normal. Voir son mémoire : *Das mittlere Keimblatt in seinen Beziehungen zur Entwickelung der ersten Blutgefässe und Blutkörperchen im Hühnerembryo*, in *Wiener Sitzungsbericht*, 1871, fig. 12, 13, 16, 17.



leur développement, présentent des contours réguliers et nettement définis. Évidemment elles sont séparées des parties voisines de la splanchnopleure par une paroi bien distincte[1].

Dans certains cas, cet arrêt de développement ne frappe qu'un certain nombre d'îles de sang. Alors la canalisation de l'aire vasculaire ne se fait que partiellement et seulement d'une manière incomplète. Il faut encore ajouter que ces réseaux incomplets de vaisseaux capillaires se produisent surtout dans la région périphérique de l'aire vasculaire, celle que l'on appelle l'*aire opaque*, et dont le contour est formé par la veine circulaire. Au contraire, les îles de sang volumineuses et complètement isolées les unes des autres se voient surtout sur l'aire transparente, dans le voisinage immédiat de l'embryon. Dans d'autres cas, la presque totalité des îles de sang est frappée d'arrêt de développement; alors la canalisation de l'aire vasculaire fait presque entièrement défaut, et par suite sa communication avec les cavités du cœur manque plus ou moins complètement.

Les îles de sang, ainsi arrêtées dans leur développement, et ne pouvant écouler dans ces vaisseaux anastomotiques les globules qu'elles produisent incessamment, deviennent de plus en plus volumineuses. Alors il leur arrive souvent d'arriver au contact des îles voisines, et de se fusionner avec elles. On voit ainsi se produire de très grandes lacunes remplies de sang, lacunes qui, dans certains cas, atteignent des proportions véritablement gigantesques. J'ai vu parfois ces lacunes venir se mettre en communication avec les veines omphalo-mésentériques. Alors le sang qui avait conservé, pendant un temps plus long que d'ordinaire, son absence de couleur et sa transparence, prend enfin l'aspect qui le caractérise dans son état définitif[2]. Mais, dans ces conditions, l'embryon a été déjà plus ou moins complètement modifié par le contact du liquide incolore : les altérations histologiques qu'il a subies ne peuvent pas être réparées par l'afflux du sang rouge.

Tels sont les faits que nous apercevons en étudiant l'aire vasculaire à la loupe, ou même à la vue simple. Mais comment devons-nous les interpréter? Comment se forment les îles de sang, et quelle est leur constitution? Comment se forment les prolongements qui les unissent?

[1] Voir au sujet de l'arrêt de développement des îles de sang, et de l'hydropisie embryonnaire, les planches IV, V et VI de l'Altas. Dans les explications qui accompagnent les planches, comme dans la première édition de ce livre, j'avais désigné la modification des îles de sang sous le nom d'*hypertrophie*. Ce nom ne me paraît pas exact; il devrait être remplacé par celui de *dilatation*.

[2] Voir dans l'Atlas, pl. V, fig. 2 et 6.

Or, quand nous consultons les traités d'embryogénie, depuis Wolff jusqu'à nos jours, nous voyons qu'il y a presque autant d'opinions sur cette matière que d'auteurs qui s'en soient occupés. C'est que la formation des vaisseaux dans l'aire vasculaire est, encore aujourd'hui, l'un des problèmes les plus difficiles que soulève l'étude de l'évolution embryonnaire.

Pour répondre à ces questions, il aurait fallu évidemment les reprendre dans leur ensemble. Mais cela eût exigé des recherches qui m'auraient entraîné très loin de mes expériences de tératogénie. Je me bornerai donc à montrer que les faits tératologiques qui concernent les îles de sang et que je viens de signaler, constituent de nouveaux éléments dont il faut tenir compte, et qu'il n'est pas possible de négliger.

Malgré les nombreuses divergences d'opinions que soulève aujourd'hui la formation des vaisseaux dans le feuillet vasculaire, on paraît cependant s'accorder en ce point que le réseau qu'ils forment serait précédé par un réseau de cordons pleins, sarcodiques ou cellulaires. Les îles de sang, c'est-à-dire les amas de globules, se produiraient aux points d'intersection de ces cordons, par la désagrégation de la substance organisée qui les constitue et la formation de cavités où s'accumuleraient les globules. Plus tard un semblable travail se produirait dans l'intérieur des cordons pleins, qui se transformeraient en tubes à parois formées par des cellules endothéliques établissant ainsi des voies de communication entre les îles de sang, c'est-à-dire entre tous les centres de formation des globules.

En étudiant les faits tératologiques que je viens de mentionner, je n'ai jamais pu apercevoir le réseau des cordons pleins qui unissent les îles de sang dans l'état normal. J'aurais cependant besoin de nouvelles recherches pour me prononcer définitivement sur leur existence ou leur non-existence. Mais ce qui me paraît le plus probable, c'est que les îles de sang sont d'abord isolées et se développent d'une manière complètement indépendante. Plus tard elles s'unissent les unes aux autres par l'émission des cordons pleins qui se creusent des cavités tubulaires dans lesquelles pénètre peu à peu un liquide chargé de globules. Si ces faits n'ont pas été constatés jusqu'à présent, cela tient peut-être à l'excessive rapidité des phénomènes évolutifs, qui, dans ces cas, comme dans celui de la formation du cœur, n'ont pas toujours permis de constater toutes les phases du développement. Dans les faits tératologiques que j'étudie actuellement, les cordons pleins ne se forme-

raient pas, et alors les globules se produisant incessamment et ne pouvant se déverser dans les canaux tubulaires, et par leur intermédiaire dans les cavités du cœur, dilateraient les îles de sang et augmenteraient considérablement leur volume. Je ne propose cette hypothèse que sous toutes réserves, et jusqu'à sa vérification par de nouvelles recherches. Mais, actuellement, elle me paraît rendre très exactement compte des faits.

Cet état tératologique des îles de sang, déjà très intéressant en lui-même, le devient beaucoup plus encore, parce qu'il empêche le sang de se constituer dans l'embryon d'une manière complète, et, par suite, d'acquérir l'ensemble des propriétés physiologiques qui le caractérisent.

Dans l'état normal, le sang, incolore et transparent à son début, ne tarde pas à devenir rouge. Ce changement de coloration, résultant de la pénétration des globules dans les cavités du cœur, se produit après la formation de l'anse cardiaque et avant le retournement de l'embryon sur le jaune, par la canalisation des veines omphalo-mésentériques.

L'existence des contractions du cœur, avant la formation complète du sang, soulève une question anatomique et physiologique de la plus grande importance, et que personne, à ma connaissance, n'a indiquée avant moi. Où va le liquide incolore et transparent chassé par le ventricule du cœur? D'où vient-il quand il pénètre dans l'oreillette? Une seule réponse est possible; c'est que ce liquide circule dans l'embryon, quoique cette circulation ne s'y manifeste par aucun fait immédiatement visible. Mais où et comment s'opère cette première circulation? Ici les faits nous manquent absolument. Jusqu'à présent on n'a pas vu les vaisseaux dans l'embryon, avant l'époque où la pénétration du sang rouge produit une injection naturelle qui les rend visibles. Or, si la question du mode de formation des vaisseaux dans l'aire vasculaire n'a pas encore reçu de réponse définitive, celle du mode de formation des vaisseaux dans l'intérieur de l'embryon n'a été jusqu'à présent abordée par aucun embryogéniste.

Le corps de l'embryon est alors presque exclusivement constitué par la région axile du mésoderme, ou par les lames dorsales. Or, le mésoderme ne consiste à ce moment qu'en une agglomération de cellules à contours arrondis. Ces cellules laissent entre elles des intervalles vides ou des lacunes dans lesquelles un liquide peut se mouvoir. Est-ce là le premier appareil de la circulation? Ou bien, existe-t-il déjà des canaux revêtus d'une paroi formée par des cellules

endothéliques comme celles qui tapissent les vaisseaux de l'aire vasculaire? Je ne puis que poser la question; mais, ce qui est évident pour moi, c'est qu'il y a là un ensemble de cavités dans lesquelles se meut le premier sang de l'embryon.

Le liquide chassé par le cœur pénètre dans ces cavités par les aortes qui, partant du bulbe cardiaque, remontent, le long des parois du pharynx, jusqu'aux proto-vertèbres, puis se prolongent d'avant en arrière, au-dessous des proto-vertèbres, jusqu'à l'extrémité caudale. Baer a annoncé depuis longtemps que les deux aortes primitives n'ont pas, pendant un certain temps, de parois nettement définies [1]. Ce fait a été confirmé par Émile Blanchard. Il a constaté, à l'aide d'injections, l'existence de deux courants artériels au-dessous des proto-vertèbres et au-dessus de l'entoderme, courants qui, tout d'abord, ne seraient pas enfermés dans des vaisseaux à parois propres. La formation des parois des vaisseaux ne se produirait que plus tard et après la fusion des deux courants en un seul, fusion qui produirait l'aorte unique, située sur la ligne médiane [2]. Ces observations de Baer et de Blanchard conduiraient à admettre que les premiers vaisseaux de l'embryon seraient dépourvus de parois propres et consisteraient, uniquement, en lacunes provenant de l'écartement des cellules mésodermiques. Or je crois, pour ma part, que les courants sanguins constatés par Blanchard se produisent dans des tubes très minces et formés par des cellules endothéliques, comme celles qui revêtent l'intérieur des deux cœurs primitifs. Mais, quoi qu'il en soit, il est hors de doute que le liquide incolore qui remplit alors le cœur pénètre dans les lacunes du mésoderme.

Il est également hors de doute que ce liquide retourne au cœur, bien que nous ne connaissions pas actuellement les voies par lesquelles ce retour s'effectue. On peut supposer toutefois qu'il retourne à l'oreillette par les voies veineuses qui serviront plus tard au sang rouge, et, dans ce cas, les gros vaisseaux qui constituent le système veineux se produiraient dans l'embryon beaucoup plus tôt qu'on ne l'admet généralement. Ce n'est là, sans doute, qu'une hypothèse; mais c'est l'hypothèse qui me paraît le plus exactement rendre compte des faits. S'il en était ainsi, le liquide incolore et transparent reviendrait au cœur par des canaux qui seraient le premier état des veines cardinales

[1] Baer, dans la *Physiologie* de Burdach, trad. fr., t. III, p. 225.

[2] Em. Blanchard, travail publié par Serres, *Note sur les métamorphoses de l'aorte chez l'embryon des Vertébrés.* (*Comptes rendus*, t. XXXIII, p. 673, 1851.)

supérieures et inférieures, veines dont la réunion forme, des deux côtés de l'embryon, les canaux de Cuvier qui aboutissent à l'oreillette en avant de l'embouchure des veines omphalo-mésentériques. Ces canaux, n'admettant pas encore de globules dans leur intérieur, auraient un calibre notablement plus petit que lorsqu'ils sont traversés par le sang devenu rouge par la présence d'éléments solides.

Ici, comme dans beaucoup d'autres circonstances, nous sommes contraints de devancer la connaissance complète des faits. Mais, bien que nous devions nous borner à émettre des hypothèses sur la nature des voies de transport du liquide qui précède le sang dans l'intérieur de l'embryon, nous ne pouvons pas ne pas admettre qu'il y ait une véritable circulation dont la constatation directe a échappé jusqu'à présent aux embryogénistes; car, autrement, les contractions du cœur, à cette période de la vie, seraient un fait absolument incompréhensible.

Cette première circulation d'un sang incolore dans les tissus de l'embryon n'a lieu, dans l'état normal, que pendant un temps très court. Lorsque s'opère la canalisation des cuisses du cœur, et la formation des veines omphalo-mésentériques, et, par suite, la pénétration des globules dans les cavités cardiaques, le sang, sous l'impulsion du cœur, commence à circuler dans l'aire vasculaire. Il pénètre dans le réseau de vaisseaux capillaires qui la constitue par les artères omphalo-mésentériques, vaisseaux qui naissent à angle droit des aortes; puis il revient au cœur par les veines omphalo-mésentériques. C'est ce que l'on appelle la première circulation vitelline. Mais, malgré l'arrivée des globules dans le cœur, l'embryon, pendant un certain temps, ne reçoit encore que la partie liquide et incolore du sang. Cela tient évidemment au calibre des lacunes mésodermiques qui ne permet pas aux globules de s'y engager.

Ensuite on voit apparaître, dans l'embryon, des canaux assez volumineux pour admettre les globules dans leur intérieur, canaux appartenant aux systèmes artériel et veineux. Ces canaux sont parfaitement reconnaissables par l'injection naturelle qui résulte de la pénétration dans leur intérieur d'un liquide chargé de globules rouges. La pénétration du sang rouge se produit peu à peu, soit que les tubes vasculaires du mésoderme deviennent assez larges pour admettre les globules du sang, soit aussi que les gros globules du début, dont la forme est circulaire, disparaissent pour faire place aux globules plus

petits, elliptiques et typiques qui caractérisent le sang définitif de l'embryon et de l'adulte[1].

Dans les cas tératologiques que je viens de décrire, lorsque l'aire vasculaire ne se forme point ou ne se forme que d'une manière incomplète, le sang reste incolore et transparent, soit par le manque de globules, soit par leur très petit nombre. La circulation dans l'embryon reste alors indéfiniment ce qu'elle est toujours normalement au début, avant l'arrivée du sang rouge. Les interstices que laissent entre elles les cellules du mésoderme ne s'élargissent pas pour former des véritables vaisseaux. Leur calibre n'est pas assez grand pour admettre un liquide pourvu d'éléments solides.

Le contact de ce liquide privé de globules avec le mésoderme, dans l'épaisseur duquel il pénètre, a pour effet de le modifier profondément, et d'y déterminer des altérations plus ou moins comparables à celles que l'hydropisie détermine chez les animaux adultes.

La pathologie nous apprend que, dans bien des cas, l'hydropisie résulte d'une modification de la composition chimique du sang, la diminution de l'albumine contenue dans le plasma. On peut supposer que cette diminution de l'albumine existe aussi dans le sang des embryons hydropiques. Malheureusement, la quantité de sang qui

[1] On voit, dans cette question de la formation des vaisseaux et du sang, les questions succéder aux questions. Les globules primitifs du sang, caractérisés par leur plus grand volume et leur forme circulaire, proviennent incontestablement des îles de sang de l'aire vasculaire. Mais où se forment les globules elliptiques, beaucoup plus petits que les précédents, qui viennent peu à peu se substituer aux premiers? Ici la science est complètement muette. Et cependant il y aurait un très grand intérêt à savoir où se forment ces organites qui se produisent incessamment, non seulement pendant la vie embryonnaire, mais encore pendant toute la durée de la vie adulte.

On a supposé que ces globules de nouvelle formation se produisaient dans le foie ou dans la rate. Mais cette hypothèse n'a pas encore été vérifiée par les faits. Pour ma part, je serais assez disposé à croire que certaines régions de l'embryon pourraient produire des îles de sang comparables à celles de l'aire vasculaire. Telle serait, par exemple, la région du mésoderme sous-jacente à la lame médullaire, et dans laquelle on voit, à une époque assez précoce, se produire un réseau de vaisseaux capillaires, interposé entre les artères carotides, prolongement des aortes, et les veines cardinales antérieures. Ce réseau de vaisseaux capillaires est le premier que l'on voie apparaître dans l'embryon. Se forme-t-il directement dans l'intimité même du mésoderme, ou bien provient-il seulement du bourgeonnement des gros troncs artériels et veineux qui pénètrent dans cette région? J'ai vu plusieurs fois ce réseau de vaisseaux capillaires présenter des îles de sang isolées et assez volumineuses qui ressemblaient beaucoup aux îles de sang dilatées que j'ai rencontrées dans l'aire vasculaire. Toutefois mes observations ne m'ont pas encore permis de me faire une conviction sur ce sujet.

circule dans un embryon de 3 ou 4 jours est beaucoup trop petite pour qu'on puisse la soumettre à l'analyse chimique. Mais l'absence des globules ou seulement leur très faible proportion dans le sang incolore des embryons hydropiques, ont très probablement une influence sur la production des hydropisies embryonnaires. Il y a en pathologie comparée un fait de ce genre: la diminution considérable des globules coïncidant avec la diminution de l'albumine dans le sang des moutons atteints de la maladie que l'on désigne sous les noms de *pourriture* et de *cachexie aqueuse*. Et cependant, chez ces animaux, les globules, bien que diminués, existent encore en proportion assez grande pour que le sang conserve sa couleur rouge [1].

Quoi qu'il en soit, les tissus de l'embryon hydropique, comme ceux de l'animal adulte atteint d'hydropisie, s'infiltrent de sérosité. Ce liquide s'accumule dans les espaces vides que laissent entre elles les cellules du mésoderme, et pénètre dans ces cellules elles-mêmes. Il y a là un fait comparable, à certains égards, à l'œdème des adultes [2]. On la voit aussi s'accumuler dans les cavités closes, comme la fente pleuro-péritonéale, point de départ des cavités séreuses, et le tube cérébro-spinal. Je l'ai également rencontrée dans la cavité de l'amnios, et j'ai vu qu'elle pouvait s'y produire pendant un temps assez long, même après la mort de l'embryon [3].

Dans le plus grand nombre des cas, l'hydropisie est partielle; elle atteint un certain nombre de régions du corps, mais sans les atteindre toutes.

Quand elle n'est pas très intense, elle laisse reconnaître, pendant un certain temps, la forme des organes qui sont seulement un peu modifiés dans leur aspect général et dans leurs contours. Mais, lorsqu'elle

[1] Andral, Gavarret et Delafond, *Recherches sur la composition du sang de quelques animaux domestiques dans l'état de santé et de maladie;* dans les *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. V, page 318.

[2] Toutefois cette comparaison n'est pas complètement exacte. Dans l'œdème des adultes, la sérosité s'accumule seulement dans les espaces vides formés par les aréoles du tissu connectif. Dans l'œdème des embryons, la sérosité ne s'accumule pas seulement dans les lacunes qui séparent les cellules mésodermiques; elle pénètre ces cellules elles-mêmes par voie d'imbibition, et les rend complètement transparentes. Jusqu'à présent, rien de pareil n'a été signalé dans les tissus œdémateux de l'adulte.

[3] Un fait de ce genre que j'ai observé, au début de mes études, m'avait même fait croire que l'amnios pouvait se produire et se développer en l'absence d'embryon. J'ai reconnu depuis, dans tous les cas de ce genre que j'ai observés, que l'embryon avait toujours existé, mais qu'il avait péri de très bonne heure, et que, par conséquent, la croissance de l'amnios était un phénomène de survie.



atteint un certain degré d'intensité, elle transforme l'embryon tout entier en une masse amorphe, complètement transparente, et dans laquelle il est impossible de voir aucun organe [1].

Lorsque j'ai observé, pour la première fois, ces masses amorphes, il y a plus de trente ans, je n'ai pu, tout d'abord, me rendre compte de leur nature. Il m'a fallu pour cela en rencontrer une qui portait à son côté droit une anse cardiaque, très dilatée [2], aussi volumineuse que la masse elle-même, et qui battait sur un liquide absolument incolore.

Ainsi atteint par l'hydropisie, l'embryon cesse de se développer. Les cellules mésodermiques, plus ou moins modifiées par l'infiltration de la sérosité, perdent leur vitalité. Elles perdent la faculté de produire de nouvelles cellules; elles perdent également la faculté de produire les éléments histologiques définitifs qui caractérisent la seconde phase de la vie embryonnaire. Dans ces conditions l'embryon ne tarde pas à périr.

La succession de ces faits est très remarquable. L'arrêt de développement des îles de sang et le défaut de formation des prolongements anastomotiques qui les unissent, empêchent la pénétration des globules dans le cœur, et maintiennent le liquide qui circule dans l'embryon à l'état de *plasma* incolore. Le contact de ce liquide incolore avec les cellules mésodermiques produit une infiltration de l'embryon, qui détruit la vitalité de cellules mésodermiques, et amène la mort plus ou moins rapidement. En d'autres termes, une modification purement tératogénique de l'embryon est la cause d'une modification de l'ordre pathologique, modification absolument irréparable.

Je dois insister sur ces faits que j'ai découverts depuis longtemps, que j'ai été seul à décrire, et dont la signification est très nette, parce qu'ils nous apprennent, d'une manière bien évidente, quel est le rôle de la pathologie dans la tératogénie.

Or on a bien souvent renversé les termes de la question, en attribuant aux maladies de l'embryon la production d'un certain nombre de faits tératologiques. L'hydropisie du tube nerveux cérébro-spinal a été bien souvent considérée comme le fait initial de beaucoup de monstruosités.

[1] On obtient quelques bons résultats à l'aide de l'iode en solution aqueuse ou alcoolique. Toutefois la quantité considérable de sérosité que contiennent alors les embryons les empêche de se colorer aussi complètement que les embryons normaux.

[2] Dans un très grand nombre de cas d'hydropisie, j'ai observé cette dilatation de l'anse cardiaque. J'ignore complètement sa signification.

A une époque où personne ne mettait en doute la préexistence des germes, les physiologistes, comme Lémery, qui n'admettaient pas l'existence de germes originellement monstrueux, ne pouvaient comprendre la monstruosité que comme la modification accidentelle d'un organisme primitivement normal. Or les causes de ces modifications ne pouvaient être que des causes mécaniques ou des causes pathologiques. On invoqua tantôt les unes et tantôt les autres.

Dans un certain nombre de monstruosités, le tube nerveux cérébro-spinal, plus ou moins complètement modifié, présente dans son intérieur une accumulation de sérosité. Il était tout naturel de comparer cette accumulation de sérosité à l'hydropisie, et d'admettre que cette hydropisie aurait détruit partiellement et même complètement la substance nerveuse. Dès 1716, un médecin de Montpellier, Marcot, expliqua ainsi les anomalies d'un monstre pseudencéphalien. Cette théorie de Marcot fut généralisée par Morgagni qui l'étendit à tous les monstres qu'Is. Geoffroy Saint-Hilaire a désignés sous les noms d'exencéphaliens, de pseudencéphaliens et d'acéphaliens[1]. A une époque où l'embryogénie n'existait pas, cette explication pouvait paraître tout à fait vraisemblable.

Assurément, on aurait pu objecter à Morgagni que cette hydropisie de l'embryon produirait des effets bien différents de ceux de l'hydropisie de l'adulte. L'hydropisie de l'adulte peut bien comprimer certains organes et faire plus ou moins obstacle à l'accomplissement de leurs fonctions; mais elle ne les détruit pas. L'hydropisie du fœtus, telle que l'admettait Morgagni, aurait le pouvoir de désorganiser et de détruire, partiellement ou même totalement, des parties préexistantes, comme les éléments du système nerveux. Mais cette différence du mode d'action de l'hydropisie, suivant les âges, pouvait être attribuée à l'état des organes, qui, bien qu'entièrement formés, n'ont pas encore acquis le degré de consistance qui peut leur permettre de résister à des actions extérieures.

Dans l'hypothèse de la préexistence des germes, il était absolument impossible d'expliquer, autrement que par la destruction, la non-existence de certaines parties. On comprend donc comment une théorie, qui paraissait expliquer complètement un certain nombre de cas, fut appliquée, d'une manière générale, à l'ensemble presque com-

[1] Voir pages 17 et 63.

plet des faits tératologiques, par des médecins éminents comme Béclard, Dugès et J. Guérin[1].

On verra plus tard ce que sont, en réalité, ces hydropisies du tube cérébro-spinal, lorsque cette partie est seule atteinte. Pour le moment je me borne à dire que, bien que semblables en apparence à celles qui se produisent lorsque la constitution des tissus de l'embryon est profondément modifiée par l'action d'un sang plus ou moins complètement privé de globules, elles ont cependant une autre origine, tout en provenant, comme ces dernières, d'un arrêt de développement. Mais, dans les deux cas, et c'est un point sur lequel je ne saurais assez insister, la pathologie n'a qu'un rôle secondaire, et tout à fait subordonné, tandis que la tératogénie a un rôle complètement prépondérant. Plus j'avance dans mes études, et plus je me confirme dans l'idée qui est le fondement de ce livre, que les faits tératologiques sont toujours le résultat d'une évolution modifiée, et non d'une modification pathologique d'organes déjà existants[2]. J'ai la conviction profonde que, lorsque l'embryogénie sera plus généralement connue qu'elle ne l'est actuellement, les faits pathologiques cesseront d'être invoqués comme causes des anomalies et des monstruosités.

§ 5.

L'aire vasculaire, c'est-à-dire l'ensemble des vaisseaux qui se produisent dans le feuillet vasculaire, parcourt diverses phases qui

[1] La théorie de J. Guérin sur la production d'un certain nombre de monstruosités reposait sur l'hypothèse de rétractions musculaires produites par des contractures. Elle semblerait donc absolument étrangère à l'hydropisie. Mais quand on lit les ouvrages de J. Guérin, on voit qu'il considérait les contractures comme le résultat de l'inflammation de l'encéphale ou de la moelle épinière, inflammation dont l'existence préalable lui paraissait démontrée par celle de l'hydropisie.

[2] Je ne puis ici discuter complètement cette question. La proposition que je soutiens ressort de l'étude de tous les faits que je mentionne dans ce livre. Mais je puis, dès à présent, faire remarquer que la notion des types tératologiques, introduite dans la science par les deux Geoffroy Saint-Hilaire, ne peut se comprendre que lorsque l'on considère les faits tératogéniques comme résultant d'une évolution modifiée. (Voir le chapitre II, § 2 de la 2e partie.) S'ils provenaient de causes pathologiques, ces faits varieraient presque autant qu'il y a d'individus atteints, puisque les maladies produisent des effets indéfiniment variés, suivant leur intensité et suivant l'étendue des parties qu'elles atteignent. En pathologie, nous n'observons jamais que des faits individuels. La constitution de la tératologie comme branche distincte des sciences biologiques et particulièrement de l'anatomie pathologique, n'a pu se produire que le jour où ces idées ont été bien comprises.

peuvent elles-mêmes devenir le point de départ d'un certain nombre d'anomalies.

Dans la première phase, il n'existe guère que des vaisseaux capillaires qui sont en communication avec le cœur de l'embryon, par les cuisses du cœur devenues les veines omphalo-mésentériques et par les artères omphalo-mésentériques branches des aortes descendantes. Le seul vaisseau un peu considérable que l'on observe alors est la grosse veine circulaire qui occupe le bord extérieur du feuillet vasculaire, et que l'on désigne sous le nom de *sinus terminal* ou de *veine primigéniale*.

Cet état, qui persiste dans un certain nombre d'anomalies, n'est ordinairement que transitoire; il disparaît pour faire place à une seconde phase dans laquelle on voit apparaître les véritables vaisseaux, artères et veines.

La disposition de l'aire vasculaire présente, dans l'état normal, une assez grande régularité. Tous les auteurs la décrivent en effet de la même manière. La grande veine qui forme, au début, le contour de l'aire vasculaire, envoie deux veines, l'une supérieure et l'autre inférieure, qui viennent aboutir aux deux veines omphalo-mésentériques. Ces deux veines présentent des rapports différents. Si nous prenons l'embryon avant que sa tête se retourne de manière à se coucher sur le jaune par sa face gauche, nous voyons que la veine descendante est située au côté droit de la tête de l'embryon. Elle est la continuation directe de la veine terminale. L'autre extrémité de la veine terminale, qui forme la seconde racine de la veine descendante, est beaucoup plus petite que l'autre, avec laquelle elle vient s'anastomoser. La veine ascendante, qui remonte de la partie inférieure de l'aire vasculaire, se place au contraire à la gauche de l'embryon.

Dans les blastodermes modifiés par des causes tératogéniques, la disposition des veines présente des anomalies tellement nombreuses qu'il est presque impossible de trouver deux aires vasculaires absolument semblables.

Une disposition assez fréquente est celle que l'on observe dans l'inversion des viscères. Ici la veine descendante est au côté gauche de l'embryon, tandis que la veine ascendante est au côté droit.

On rencontre très fréquemment des anomalies dans la disposition des racines de la veine descendante. Quelquefois la veine descendante est double, ce qui tient à ce que les deux extrémités de la veine terminale ne s'unissent point au-dessus de la tête de l'embryon, et for-

ment chacune une veine descendante qui vient aboutir dans l'une des deux veines omphalo-mésentériques ; tandis que lorsque la veine descendante est unique, elle aboutit toujours à la veine omphalo-mésentérique droite. Cette disposition fort remarquable dépend manifestement d'un arrêt de développement des lames antérieures du feuillet vasculaire, lames qui restent alors séparées dans une étendue plus ou moins grande.

Dans d'autres cas, les deux veines descendantes se réunissent à une distance plus ou moins grande de la tête, et tantôt leur calibre est égal, tantôt, au contraire, il présente de grandes irrégularités. Dans ce dernier cas, l'une des veines est très volumineuse et doit être considérée comme la continuation de la veine terminale, tandis que l'autre

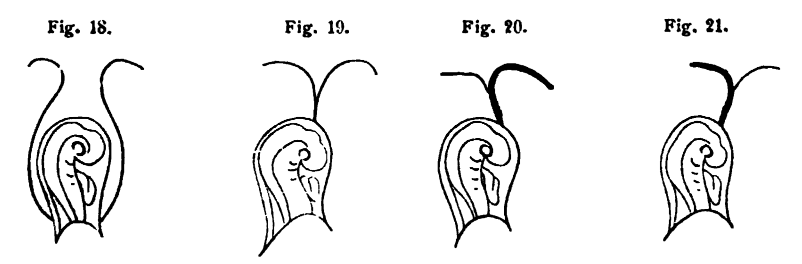


Fig. 18, 19, 20, 21. Origines de la veine descendante. — Fig. 18. Deux veines complètement distinctes. — Fig. 19. Veine descendante formée par deux racines de même calibre. — Fig. 19 et 20. Veine descendante formée par deux racines de calibre inégal, la plus petite étant à gauche dans la figure 20, à droite dans la figure 21.

est réduite à un très petit canal anastomotique. Or c'est tantôt la veine du côté gauche, et tantôt celle du côté droit qui présente le plus grand calibre.

La veine ascendante peut manquer dans certains cas, et tantôt elle n'est point remplacée, tantôt elle est suppléée par des veines de formation nouvelle qui se présentent sur les deux côtés de l'embryon.

Je ne parle ici que des gros troncs veineux. Quant aux petites ramifications qui viennent s'y aboucher, elles présentent des variétés infinies. Leur description minutieuse ne présenterait aucun intérêt.

Ces anomalies de la disposition des troncs veineux se produisent dans les aires vasculaires à coutours circulaires ; mais elles sont beaucoup plus fréquentes et beaucoup plus variées lorsque l'aire vasculaire a des contours elliptiques, surtout lorsqu'il y a une très grande inégalité de développement entre les deux lames supérieures du feuillet vasculaire.

La formation du système artériel de l'aire vasculaire présente également des anomalies. Ces artères proviennent de deux branches des aortes descendantes que l'on appelle les artères *omphalo-mésentériques*. Dans certains cas, l'une de ces artères, qui est plus ordinairement celle du côté gauche, fait complètement défaut. On voit alors l'artère omphalo-mésentérique droite émettre un rameau qui contourne l'extrémité postérieure de l'embryon et vient se ramifier dans la partie de l'aire vasculaire située à sa gauche. Il faut rappeler ici que la disparition très précoce de l'artère omphalo-mésentérique gauche est un fait constant dans l'embryon des mammifères[1].

Je n'insisterai pas plus longuement sur ces différentes anomalies des vaisseaux de l'aire vasculaire, mais je dois faire, à leur sujet, une remarque qui a une certaine importance.

L'aire vasculaire de la poule, dans l'état normal, présente une absence remarquable de symétrie dans la disposition des troncs veineux; elle est au contraire parfaitement symétrique dans la disposition des troncs artériels.

Or si nous étudions les figures que M. Bischoff a données de l'aire vasculaire du lapin[2], nous voyons au contraire que la disposition des troncs veineux y présente une symétrie complète comme celle des troncs artériels. Les deux parties supérieures de la veine terminale ne se réunissent point au-dessus de la tête de l'embryon, ce qui tient sans doute au défaut de réunion des deux lames antérieures du feuillet vasculaire. Elles ont un volume égal et descendent des deux côtés de la tête pour venir s'anastomoser avec deux veines ascendantes également volumineuses. C'est de l'union de la veine ascendante droite avec la veine descendante droite, comme de celle de la veine ascendante gauche avec la veine descendante gauche, que proviennent les deux veines omphalo-mésentériques qui viennent s'ouvrir dans la région auriculaire du cœur.

Les observations de Bischoff nous ont appris en outre que cette disposition des vaisseaux de la vésicule ombilicale n'est que transitoire, et que certains de ces vaisseaux disparaissent assez promptement, la veine omphalo-mésentérique droite, et l'artère omphalo-mésentérique gauche.

[1] Voir pl. VI, fig. 8, et pl. VII de l'Atlas. On y trouvera figurées un certain nombre de ces anomalies vasculaires.

[2] Bischoff, *Traité du développement de l'homme et des mammifères*, trad. fr., pl. XIV, fig. 59 et 60.

Chez la poule, la disposition des troncs veineux est, dès le début, asymétrique, tandis que celle des troncs artériels est au contraire symétrique. Mais les anomalies ont tantôt pour résultat de faire reparaître la symétrie primitive, comme cela a lieu pour le système veineux, et tantôt de la détruire, comme cela a lieu pour le système artériel.

N'est-il pas permis de tirer de ces faits une conséquence générale et d'admettre que la disposition des vaisseaux de l'aire vasculaire chez les vertébrés supérieurs se produit d'après un type commun, type parfaitement symétrique, qui peut, dans plusieurs cas, être notablement modifié par le défaut de formation de diverses parties, mais qui reparaît plus ou moins complètement, dans certaines anomalies, lorsque les parties dont l'existence n'est que virtuelle viennent à se réaliser?

Voici comment je m'explique l'apparition de ces anomalies. Dans les idées généralement admises, les éléments du réseau de l'aire vasculaire sont des cordons pleins, sarcodiques ou cellulaires, qui se creusent, à un certain moment, d'une cavité tubulaire et deviennent des vaisseaux. Ce réseau a la même disposition dans l'aire vasculaire de tous les vertébrés supérieurs. Mais, dans une même espèce, ces cordons pleins ne se transforment pas tous en vaisseaux, et plusieurs d'entre eux conservent leur état primitif. On peut donc concevoir que certains de ces cordons ne se transforment pas, par le fait d'un arrêt de développement, et que par suite certains vaisseaux viennent à manquer. Telle est, par exemple, l'absence, signalée plus haut, de l'artère omphalo-mésentérique gauche. On peut concevoir également que certains de ces cordons qui, dans l'état normal, conservent leur état primitif, éprouvent un excès de developpement, et donnent alors naissance à des vaisseaux qui ne se rencontrent que dans des espèces différentes [1].

Enfin, dans des phases ultérieures, l'aire vasculaire peut être modifiée par la permanence de certains vaisseaux qui s'atrophient et disparaissent plus ou moins rapidement dans l'état normal. C'est ainsi que, dans cet état, les artères omphalo-mésentériques, doubles

[1] Voir, p. 197 et suiv., l'application de ces idées à la formation si fréquente des muscles surnuméraires. Je me suis borné d'ailleurs à les énoncer, car je n'ai point fait de recherches spéciales sur le développement des muscles, et je me contente, dans le livre actuel, de mentionner les résultats de mes expériences personnelles.



à l'origine, se réduisent à une seule, par l'atrophie de l'une d'elles. Il en est de même pour les veines omphalo-mésentériques. La persistance de ces deux artères et de ces deux veines est donc une anomalie.

§ 6.

Les anomalies de l'amnios, peu intéressantes par elles-mêmes, jouent un rôle très important en tératogénie.

La découverte du mode de formation de l'amnios, préparée par Wolff, puis par Pander, a été achevée par Baer. C'est, depuis longtemps, l'un des faits les mieux connus de l'embryogénie.

L'embryon provient de la lame mésodermique qui se produit, à un certain moment, au centre du blastoderme, entre les deux feuillets qui le constituent, l'ectoderme et l'entoderme. Il utilise pour sa formation, en se les appropriant, les parties de ces deux feuillets qui le revêtent immédiatement et lui forment, en quelque sorte, un épiderme extérieur et un épiderme intérieur (épithélium). Mais, tout en entrant dans la constitution de l'embryon, ces deux couches épidermiques ne se séparent pas tout d'abord des couches blastodermiques dont elles faisaient partie, et restent pendant un certain temps continues avec elles. Cette séparation n'a lieu, pour l'ectoderme, que par la disparition du pédicule amniotique; pour l'entoderme, que par la formation du pédicule vitellin.

En dehors de l'embryon, l'ectoderme et l'entoderme restent d'abord accolés l'un à l'autre. Mais ils ne tardent pas à se séparer par l'interposition des lames latérales du mésoderme lorsqu'elles s'étendent au delà de l'embryon. La formation du cœlome ou de la fente pleuro-péritonéale dans l'épaisseur de ces lames, les partage en deux feuillets, la *somatopleure* qui double l'ectoderme, la *splanchnopleure* qui revêt l'entoderme. On a vu (p. 266) que le prolongement des lames latérales du mésoderme, en avant de la tête, ne se produit que postérieurement à leur accroissement des deux côtés de l'embryon et en arrière de lui. Ce fait a une certaine importance, car la somatopleure se joint à l'ectoderme dans la formation de l'amnios et lui fournit ses élements contractiles. La partie antérieure de l'amnios ne possède donc que tardivement les éléments mésodermiques qu'elle possède partout ailleurs dès son origine.

A un certain moment et à une certaine distance de l'embryon, l'ectoderme, doublé ou non par la somatopleure, se soulève au-dessus

du blastoderme, en formant, tout autour de l'embryon, un ensemble de plis qui est le premier indice de l'amnios. Ces plis se forment d'abord en avant de la tête, puis des deux côtés du corps, puis enfin en arrière de la queue. Ils grandissent, puis ils se renversent sur l'embryon et viennent peu à peu le recouvrir en formant, au-dessus de lui, ce que l'on appelle les *capuchons de l'amnios*. Le premier formé est le *capuchon céphalique*, qui s'étend d'avant en arrière, et finit par recouvrir complètement la région de la tête, tandis que le reste du corps est encore à nu sur le blastoderme. Ce renversement des plis amniotiques se continue tout autour de l'embryon, en formant les *capuchons latéraux* qui s'avancent de dehors en dedans; puis le *capuchon caudal* qui s'avance d'arrière en avant.

Par suite de la formation de ces capuchons, l'embryon se trouve enfermé dans une sorte de bourse ou de poche, l'*amnios*. Cette bourse est d'abord largement ouverte au-dessus et au-dessous de l'embryon. L'ouverture supérieure, que l'on

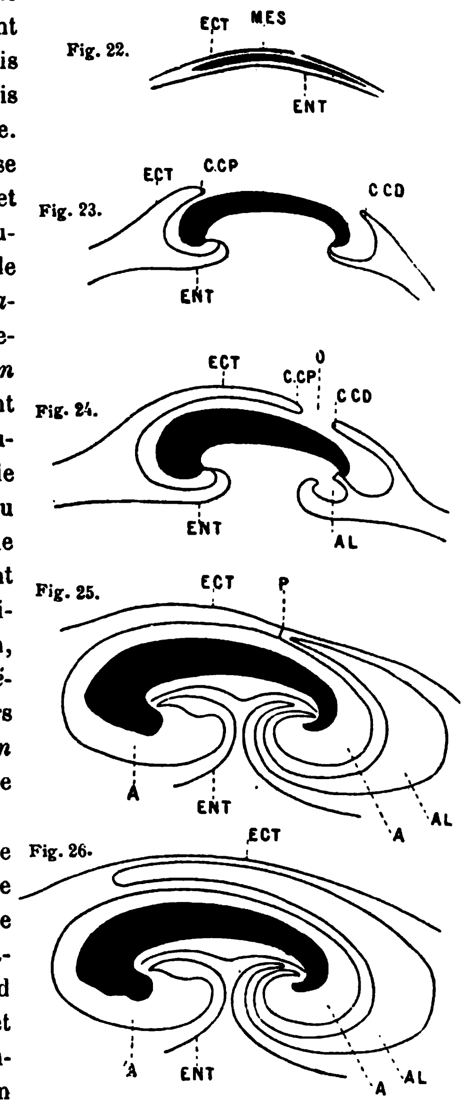


Fig. 22, 23, 24, 25, 26. Schémas représentant la formation de l'amnios. — Fig. 22. Disposition des feuillets blastodermiques avant la formation de l'amnios. — Fig. 23. Formation des capuchons céphalique et caudal. — Fig. 24. Formation plus avancée des capuchons céphalique et caudal. Ombilic amniotique. — Fig. 25. Fermeture de l'ombilic amniotique et pédicule amniotique. — Fig. 26. Disparition du pédicule amniotique. Pénétration de l'allantoïde entre l'amnios et l'ectoderme. — Lettres communes. ECT, ectoderme, MES, mésoderme, ENT, entoderme. CCP, capuchon céphalique. CCD, capuchon caudal. O, ombilic amniotique. A, amnios. AL, allantoïde.

désigne sous le nom d'*ombilic amniotique* et qui correspond à la région lombaire de l'embryon, va toujours en se rétrécissant et finit par se fermer, tout en restant, pendant un certain temps, en continuité avec l'ectoderme. Cette continuité de l'amnios avec l'ectoderme forme ce que l'on appelle le *pédicule amniotique*. Plus tard, le pédicule amniotique disparaît. L'amnios est alors complètement séparé de l'ectoderme dont il n'était, au début, qu'une lame repliée. Ainsi se produit, entre l'amnios et l'ectoderme, un espace vide, le *faux amnios*, recouvert supérieurement par le reste de l'ectoderme qui prend alors le nom de *chorion* ou d'*enveloppe séreuse*.

Découverts d'abord dans l'œuf des oiseaux, ces faits ont été ensuite constatés dans l'œuf des mammifères, et dans celui des reptiles, où ils se produisent de la même façon.

Les anomalies de l'amnios sont très fréquentes dans les œufs soumis à des causes tératogéniques.

L'amnios manque parfois complètement, ou du moins il n'est que très faiblement indiqué, tout autour de l'embryon, par la petite élévation de l'ectoderme qui forme le *pli amniotique*. L'embryon est alors complètement à nu sur le blastoderme.

Les différentes parties de l'amnios peuvent évoluer d'une manière très inégale. Certains capuchons peuvent manquer complètement, tandis que les autres se produisent et atteignent le terme de leur croissance. J'ai constaté bien souvent l'absence du capuchon céphalique et celle du capuchon caudal. Dans certains cas la formation de certains capuchons commence, mais s'arrête de très bonne heure. J'ai vu parfois le capuchon céphalique arrêté presque à ses débuts, tandis que la tête avait continué à s'avancer non plus au-dessous, mais au-dessus de lui. Ces inégalités du développement de l'amnios présentent, on le conçoit, des variétés innombrables et échappent, par conséquent, à toute description générale.

Lorsque certains capuchons manquent complètement, l'embryon reste partiellement à découvert. Quand les capuchons se développent inégalement, cette inégalité entraîne fréquemment le changement de position de l'ombilic amniotique. Au lieu de correspondre à la région lombaire, il vient se placer tantôt au-dessus de la région dorsale ou cervicale, et tantôt au-dessus de la région caudale. Souvent il ne se ferme pas et reste plus ou moins largement ouvert. Cela arrive, par exemple, lorsqu'il est placé très en arrière, et que la queue de l'embryon vient s'engager dans son ouverture.

L'amnios ne se sépare pas toujours de l'ectoderme et alors il conserve indéfiniment ses connexions avec lui. Cela arrive quand l'ombilic amniotique ne se ferme pas; cela arrive également lorsque le pédicule amniotique ne disparaît pas.

Enfin l'amnios, même formé, peut cesser de s'accroître. Il est alors appliqué immédiatement contre le corps de l'embryon; tandis que, dans l'évolution normale, il en est séparé par le liquide amniotique qui s'accumule dans sa cavité.

Ces modifications de l'amnios nous montrent, de la manière la plus nette, les effets de l'arrêt de développement; mais elles sont particulièrement intéressantes parce qu'elles coexistent presque toujours avec des modifications tératologiques de l'embryon lui-même, et que, très certainement, elles les produisent, dans le plus grand nombre de cas, en comprimant l'embryon en tout ou en partie.

L'idée d'attribuer à une pression extérieure la formation d'un certain nombre de monstruosités est très ancienne. On la trouve déjà exprimée dans un des livres qui font partie de la collection hippocratique[1]. Mais c'est de nos jours seulement qu'elle a été développée, d'une manière scientifique, par Cruveilhier. Ce médecin, qui a si fort contribué aux progrès de l'anatomie pathologique dans notre pays, avait expliqué, par l'action de pressions extérieures, la formation des déviations congénitales (déviations de la colonne vertébrale, déviations des membres, pieds bots) et aussi celle de certaines soudures[2].

[1] HIPPOCRATE, *De la nature de l'enfant*, trad. de Littré. « Les enfants deviennent estropiés de cette manière : quand dans la matrice il y a étroitesse à la partie où en effet s'est produit l'estropiement, il est inévitable que le corps, se mouvant en lieu étroit, soit estropié en cette partie. C'est ainsi que les arbres qui, dans la terre, n'ont pas assez d'espace ou sont gênés par une pierre ou par toute autre chose, deviennent tortus en grandissant, ou bien gros en un point et petits dans un autre. L'enfant en éprouvera autant lorsque, dans la matrice, une portion est relativement trop étroite pour la partie correspondante de l'enfant. »

[2] CRUVEILHIER, *Traité d'anatomie pathologique générale*, t. I, p. 303, 313, 628 et 702. — Voir aussi, à ce sujet, les discussions qui eurent lieu, il y a une cinquantaine d'années, à l'Académie de médecine, relativement au mode de formation du pied bot congénital. La lecture des procès-verbaux de ces discussions, dans les *Bulletins* de l'Académie de médecine, est fort intéressante. Cruveilhier avait assurément raison lorsqu'il invoquait les pressions extérieures; mais, tout en étant bien près de la vérité complète, il ne pouvait convaincre ses adversaires, parce qu'il ignorait l'agent de la pression, et qu'il ne pouvait avoir la pensée de le chercher dans l'amnios, membrane trop molle et trop délicate pour modifier le fœtus d'une façon quelconque. L'embryogénie et la connaissance de la première phase de la vie embryonnaire étaient absolument nécessaires pour donner la véritable interprétation des faits.



Mais s'il avait bien vu l'effet d'une pression, il n'avait pu en reconnaître la cause. Il l'attribuait à des contractions insolites de la matrice, survenant pendant la gestation. Or ces contractions de la matrice ne pourraient avoir d'autre effet que de provoquer des avortements ou des accouchements prématurés.

Cruveilhier était, comme tous les médecins de son époque, complètement étranger à l'embryogénie. Il n'avait aucune idée de la première phase de la vie embryonnaire, pendant laquelle le corps de l'embryon est uniquement constitué par des blastèmes cellulaires homogènes, et il se représentait toujours le fœtus comme pourvu, dès son origine, de muscles et d'os. Il ne pouvait donc avoir la pensée qu'une organisation aussi complète que celle de l'adulte pourrait être modifiée profondément par la pression d'une membrane aussi mince que celle qui forme la paroi de l'amnios.

Mes expériences sur la tératogénie m'ont permis de substituer à ces idées vagues et confuses de Cruveilhier des notions précises tirées de l'observation directe.

Lorsque l'amnios fait complètement défaut, ou, du moins, lorsqu'il n'est indiqué que par un simple pli, l'embryon peut se développer et même vivre assez longtemps dans ces conditions insolites. J'ai trouvé un embryon sans amnios, vivant et complètement normal, dans un œuf ouvert au treizième jour de l'incubation. Mais de pareils faits sont rares. Le plus ordinairement, l'embryon sans amnios est plus ou moins modifié dans ses conditions d'existence, et périt très vite [1].

Quand l'embryon est à nu sur le blastoderme, ce qui arrive toujours, dans l'évolution normale, avant la formation de l'amnios, et parfois, dans l'état anormal, lorsque ce fait embryogénique ne se produit pas, il peut se comprimer contre la membrane vitelline ou même contre la coquille si la membrane vitelline s'est rompue; il peut aussi se coller à ses parois par du sang extravasé. Dans le premier cas, il devient monstrueux. Dans le second, il périt de très bonne heure. Cela arrive assez fréquemment dans les œufs que l'on maintient immobiles pendant l'incubation [2].

Lorsque l'amnios a commencé à se former, les capuchons céphalique

[1] Dareste, *Sur l'absence totale de l'amnios dans les embryons de poule.* (*Comptes rendus*, t. LXXXVIII, p. 1402, 1879.)

[2] Voir le chapitre v, § 3, et le chapitre vi, § 1 de la 1re partie. J'y ai traité cette question en détail.

et caudal peuvent comprimer isolément certaines parties de l'embryon. Lorsqu'il s'est complètement formé et fermé, mais qu'il reste appliqué sur le corps de l'embryon, il le comprime plus ou moins dans sa totalité. Cette pression peut alors déterminer des faits tératologiques de diverses natures; des arrêts de développement, des déviations (déviations de la colonne vertébrale et des membres), des soudures [1]. Je me borne à signaler ces faits; j'y reviendrai à l'occasion de chaque anomalie en particulier.

Il faut ajouter pourtant que, dans certains cas de ces monstruosités que je considère comme produites par la pression de l'amnios, j'ai rencontré cette poche éloignée de l'embryon par l'interposition d'une quantité plus ou moins grande de liquide amniotique. Mais j'ai la conviction qu'il y avait eu d'abord, dans tous ces cas, application de l'amnios sur certaines parties de l'embryon, et, par suite, compression de ces parties; puis que le développement de l'amnios avait repris son cours régulier, mais après avoir modifié partiellement l'embryon, d'une manière durable [2].

L'action d'une pression extérieure exercée par l'amnios pour produire les monstruosités donne une explication très simple d'un fait déjà signalé par tous les tératologistes, mais dont ils n'avaient pu, jusqu'à présent, se rendre un compte exact; la réunion fréquente d'anomalies et même de monstruosités très différentes sur un même sujet. On a souvent invoqué, pour l'expliquer, le principe de la corrélation des organes, dont Cuvier a fait une si belle application à la détermination des animaux fossiles, et que Darwin a désigné sous le nom de *corrélation de croissance* (*correlation of growth*). Assurément, je ne nie pas l'importance que peut avoir la corrélation des organes ou la corrélation de croissance dans un certain nombre de faits de tératologie; mais je crois que ce rôle est beaucoup plus restreint qu'on ne le pense généralement. Cela tient à ce que l'on a ignoré pendant très longtemps la distinction, si nécessaire pour l'interprétation des faits tératogéniques, des deux périodes de la vie em-

[1] Voir le chapitre I, § 2, et les notes B et C de la 2e partie.

[2] CRUVEILHIER avait déjà signalé le fait de la diminution fréquente du liquide amniotique dans le pied bot. (Voir la discussion devant l'Académie de médecine). On lui objectait, comme on me l'a objecté, que, dans certains cas de pied bot, le liquide amniotique était aussi abondant que lorsque l'évolution avait été normale. Il répondait que la sécrétion abondante du liquide amniotique avait dû être postérieure à la formation de l'anomalie.



bryonnaire, distinction sur laquelle j'ai longuement insisté [1], ainsi que le défaut de solidarité qui existe, pendant la première période, entre les différentes régions de l'organisme. Or, c'est pendant cette première période que s'ébauchent la plupart des monstruosités. L'étude de la tératologie montre, en effet, que si la coexistence d'anomalies très différentes dans un même sujet est un fait fréquent, ce n'est pas cependant un fait nécessaire, puisqu'elles peuvent se produire isolément. L'arrêt de développement total ou partiel de l'amnios explique tous ces faits de la manière la plus satisfaisante. L'arrêt de développement total exerce son influence sur l'embryon tout entier, et peut, par conséquent, déterminer simultanément la production des anomalies les plus diverses (exencéphalies, célosomies, ectromélies, déviations des membres ou de la colonne vertébrale, etc.); tandis que l'arrêt de développement partiel ne produit que des monstruosités locales, c'est-à-dire qui n'affectent que les régions du corps soumises à la pression extérieure. La coexistence de plusieurs anomalies ou monstruosités sur un même sujet est donc le résultat de l'action d'une cause unique agissant sur toute la surface de l'embryon, tandis que les effets sont isolés si la cause n'agit que d'une manière partielle et par conséquent toute locale. Les faits s'expliquent donc de la manière la plus simple et sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir les relations encore inconnues qui existent entre les divers organes pendant leur développement.

Cette notion de la production de certaines anomalies et de certaines monstruosités par l'action de l'amnios, a été contredite, dans ces dernières années, par MM. Fol et Warynski. Mais les arguments qu'ils ont fait valoir sont entièrement théoriques [2]. Or ma thèse repose

[1] Voir le chapitre I, § 1 de la 2e partie.

[2] FOL et WARYNSKI, *Recherches expérimentales sur la cause de quelques monstruosités simples*, etc., t. I, p. 1, *passim*, 1883. — Dans sa thèse *Sur la production artificielle des monstres à cœur double chez les poulets* (1886), M. Warynski a pourtant figuré, pl. XIII, fig. 6, un embryon chez lequel la pression exercée par l'amnios est parfaitement évidente. L'amnios, présentant un large ombilic amniotique, est manifestement arrêté dans son développement, et la pression qu'il a exercée sur l'embryon a modifié l'extrémité céphalique et l'extrémité caudale. M. Warynski dit avoir produit ce monstre *par une compression suffisamment prolongée des deux extrémités, céphalique et caudale.* Et il ajoute : *L'amnios parfaitement développé enveloppait complètement le corps modifié et présentait un développement si accentué qu'un observateur étranger à l'histoire de notre monstre n'aurait pas hésité à lui attribuer un rôle principal dans les modifications qu'avait subies cet embryon* (p. 32). Je ne ferai à ce sujet qu'une simple réflexion : c'est que, dans mes expériences, j'ai rencontré très souvent de pareilles monstruosités sans que j'aie

exclusivement sur l'observation directe des faits. J'ai dit ce que j'ai vu et ce que j'ai montré à toutes les personnes qui ont suivi les travaux de mon laboratoire. C'est pourquoi je ne crois pas nécessaire de combattre les opinions purement théoriques de ces deux embryogénistes par des arguments également théoriques. Je puis ajouter d'ailleurs que mon opinion sur le rôle tératogénique de pressions exercées par l'amnios a été, tout récemment, adoptée par MM. Perls[1] et Kundrat[2]. Ils sont arrivés tous les deux, le premier, par l'examen des anencéphales et des exencéphales, le second, par l'examen des cyclopes et d'un certain nombre de types tératologiques qui s'en rapprochent, à croire que les anomalies céphaliques qui caractérisent tous ces monstres indiquent très nettement le fait d'une pression déterminée par un agent extérieur : ils admettent, comme moi, que cette pression est produite par le capuchon céphalique de l'amnios. J'éprouve une véritable satisfaction à voir mes idées sur le rôle tératogénique de l'amnios complètement adoptées par des physiologistes dont la compétence est indiscutable.

§ 7.

L'allantoïde, comme tous les organes transitoires ou permanents de l'embryon, peut être frappée d'arrêt de développement.

Lorsque l'ombilic amniotique ne s'est pas formé, ou que le pédicule amniotique persiste au delà de l'époque où il doit disparaître, l'allantoïde, en s'étendant entre l'entoderme et la partie de l'ectoderme qui forme l'enveloppe séreuse, rencontre devant elle une barrière qu'elle ne peut franchir. Elle est alors nécessairement arrêtée dans son développement, et ne peut s'étendre que dans une partie de l'œuf, qui est, le plus ordinairement, celle qui correspond au pôle aigu de la coquille. Cette anomalie, qui accompagne presque toujours un état tératologique plus ou moins grave de l'embryon, détermine plus ou moins rapidement l'asphyxie et la mort[3].

comprimé directement l'embryon. Ce fait est le seul que M. Warynski oppose à ma thèse. Je ne puis y voir que la confirmation des idées que je soutiens depuis longtemps.

[1] PERLS, *Lehrbuch der allgmeines Pathologie*. Stuttgard, 1879, t. II, p. 277 et suiv.

[2] KUNDRAT, *Arhinencephalie als typische Art. von Missbildung*. Gratz, 1882, p. 123 et suiv.

[3] Voir le chap. VI, § 4 de la 3e partie.

L'arrêt de développement de l'allantoïde peut se produire plus tard. Elle dépend alors d'un arrêt de développement du mésoderme qui revêt peu à peu le sac vitellin, en s'étendant entre l'ectoderme et l'entoderme. L'allantoïde se développe dans le cœlome, c'est-à-dire dans la cavité qui résulte de l'écartement des deux feuillets du mésoderme. Si le mésoderme s'arrête dans son développement, il arrête nécessairement le développement de l'allantoïde. Lorsque ces faits se produisent vers le milieu de l'incubation, l'allantoïde ne s'étend que sur une partie de la surface interne de l'œuf et l'embryon périt par asphyxie. Vers la fin de l'incubation, l'allantoïde ainsi arrêtée peut suffire pour alimenter la respiration de l'embryon; mais elle ne se détache pas du jaune et l'empêche de pénétrer dans la cavité abdominale. L'éclosion est alors impossible[1].

[1] Voir le chap. v, § 3 de la 1re partie.

CHAPITRE III

MODE DE PRODUCTION DES HÉMITÉRIES

SOMMAIRE : 1° Considérations générales. — 2° Hémitéries diverses. — 3° Fissure spinale. — 4° Déviations de la colonne vertébrale et des membres. — 5° Augmentation de nombre des organes placés en séries.

§ 1.

Le groupe des hémitéries contient un nombre extrêmement considérable d'anomalies, depuis les simples *variétés* parfaitement compatibles avec la vie et la reproduction, jusqu'aux *vices de conformation* qui font plus ou moins obstacle à la viabilité et à l'exercice des fonctions génitales. Les différences physiologiques de ces deux sortes d'anomalies sembleraient, au premier abord, devoir entraîner la division des hémitéries en deux groupes distincts. Mais, ainsi qu'Is. Geoffroy Saint-Hilaire en a fait depuis longtemps la remarque, ces deux groupes n'ont pas de limite précise et passent de l'un à l'autre par des transitions insensibles. Ce qui, dans une espèce, est une simple variété, devient, dans une autre, un vice de conformation. Leur étude ne peut donc être scindée et ne peut se faire que d'une manière simultanée[1].

Les variétés d'organisation, par suite de leur peu de gravité, n'ont, au point de vue tératologique, qu'une importance restreinte. Mais elles ont au contraire un très grand intérêt pour la zoologie et l'histoire naturelle générale, car elles sont héréditaires, et, par conséquent, elles se rattachent nécessairement à l'histoire de la formation des races[2]. Or, dans les idées de Darwin, les races sont des espèces commençantes (*incipient species*), ou, ce qui revient au même, les espèces sont des races définitivement fixées. La formation des races est donc la question fondamentale, non seulement de la zoologie, mais de l'histoire naturelle tout entière; car elle seule peut fournir les éléments du pro-

[1] IS. GEOFFROY ST-HILAIRE, *Traité de tératologie*, t. I, p. 38.

[2] DARESTE, *Mémoire sur l'origine des races chez les animaux domestiques*, dans la *Bibliothèque des hautes études*. *Sc. nat.*, t. XXVI, 1888.

blème de l'origine des espèces, si ce problème nous est accessible et ne dépasse pas la portée de notre intelligence. L'étude des variétés, même de celles qui sont les plus légères, offre donc, à ce point de vue, un intérêt de premier ordre.

L'étude des vices de conformation n'est pas moins intéressante, mais à un tout autre point de vue, celui de la pathologie ; car, tantôt ils produisent des difformités, et tantôt ils font plus ou moins obstacle à l'exercice de certaines fonctions. Dès l'antiquité, la chirurgie a cherché à y porter remède, et, de nos jours, l'anesthésie et l'antisepsie étendent, de plus, le champ de son intervention dans cette partie de la tératologie.

Si j'écrivais un traité complet de tératogénie, je devrais donc donner une grande place à l'étude de la formation des hémitéries. Mais, dans le livre actuel, j'ai cru devoir me borner à l'exposition des faits que j'ai produits dans mes expériences, et sur lesquels, par conséquent, j'ai recueilli des documents qui me sont personnels. Pour divers motifs, ces documents sont peu nombreux. C'est ce qui explique la brièveté relative de ce chapitre, et le nombre restreint des questions que j'y traite.

Certaines hémitéries apparaissent, comme les monstruosités, dès le début de la vie embryonnaire. On comprend, dès lors, qu'elles puissent se rencontrer chez tous les animaux vertébrés, soumis, comme je l'ai montré, à la loi de l'unité du type. Mais le plus grand nombre ne se produit que tardivement et postérieurement à l'apparition des caractères classiques, génériques et spécifiques. Il en résulte qu'il y a des hémitéries propres à certaines classes, à certains genres, à certaines espèces. Mes expériences qui n'ont porté, jusqu'à présent, que sur une seule espèce, ne peuvent me donner aucun renseignement direct sur les hémitéries qui se produisent en dehors de l'embryon de la poule. Et même, dans cette espèce, il y a un certain nombre d'hémitéries dont je n'ai pu jusqu'à présent constater le mode de formation. Comme je ne prolonge pas mes expériences tératogéniques au delà de quatre jours, il y en a beaucoup qui ont jusqu'à présent échappé à mes investigations : ce sont toutes celles dont l'apparition est tardive. La plupart des variétés sont dans ce cas.

Or, quand j'ai constaté la facilité avec laquelle on produit des embryons monstrueux en modifiant les conditions physiologiques et physiques de l'incubation artificielle, on arrive tout naturellement à se demander si la production des anomalies légères ou des simples

variétés ne serait pas plus facile que celle des anomalies graves[1]. Je me suis souvent posé cette question, et je me suis demandé si en diminuant, dans une certaine proportion, l'intensité des causes tératogéniques, on n'arriverait pas à diminuer l'intensité de leurs effets.

J'ai constaté[2] que l'échelle des températures utiles pour l'évolution s'étend de 35° à 39°. Or l'évolution s'accomplirait-elle exactement dans les mêmes conditions, et ne pourrait-elle pas être légèrement modifiée par l'une ou l'autre de ces températures, ou peut-être même par les deux? Et alors la véritable température de l'évolution normale ne serait-elle pas la température moyenne de 37°? Il y a là sans doute une curieuse expérience à faire. Mais on ne peut la tenter avec des œufs de poule. Le type de la poule a tellement varié, même chez les individus d'une seule race, qu'il serait tout à fait impossible de décider si une variété quelconque résulterait de la constitution même du germe ou d'un changement dans les conditions extérieures de son évolution. Mais l'expérience aurait une signification réelle si nous nous adressions à une espèce n'ayant pas encore varié, ou du moins n'ayant varié que dans des limites très restreintes. Telle serait par exemple la pintade. Cet oiseau, qui n'était pendant longtemps qu'un animal de luxe, est aujourd'hui assez abondant pour être vendu journellement dans les marchés. Je soumets ce projet d'expériences aux physiologistes. Ici, comme partout en science, nous devons en appeler à l'avenir. Pour le moment, je dois me borner à indiquer les faits très peu nombreux que j'ai pu recueillir sur le mode de production des hémitéries.

§ 2.

Il y a un certain nombre d'hémitéries dont on peut très facilement comprendre le mode de formation, sans qu'il soit nécessaire d'entrer dans de grands détails.

Telle est, par exemple, l'inégalité des deux moitiés de la tête, inégalité qui s'accompagne de l'inégalité des yeux, et parfois aussi du développement incomplet, ou de l'absence d'un de ces organes. J'ai observé cette anomalie assez fréquemment. Elle a son origine dans l'inégalité de développement des parties céphaliques des lames dorsales. Dans certains cas, l'œil paraît remplacé par une tache

[1] Voir, à ce sujet, le mémoire que j'ai publié dans le *Bulletin de la Société d'acclimatation*, 4e série, t. V, p. 769 et 817, sous ce titre : *Nouvelle exposition d'un plan d'expérience sur la variabilité des animaux.*

[2] Voir p. 118.

de pigment. Ce fait s'explique facilement. La vésicule optique primitive ne s'est point complétée par l'invagination du cristallin dans la cupule produite par l'excavation de la rétine. La tache de pigment consiste dans le pigment choroïdien immédiatement appliqué contre la rétine. Il est remarquable que cette anomalie de l'œil reproduit très exactement la constitution normale de l'œil du protée des lacs souterrains de la Carniole, que M. Desfosses a fait connaître dans ces dernières années[1].

Une autre anomalie de l'œil, que j'ai rencontrée quelquefois, est l'absence du pigment choroïdien. Cette anomalie, peu remarquable en elle-même, est intéressante parce qu'elle est le point de départ de l'albinisme ou de l'absence du pigment cutané, pigment qui ne se produit que beaucoup plus tard.

Je dois rappeler également l'origine du nanisme, que j'ai déjà fait connaître[2], et que je rattache à la prédominance des faits de développement sur les faits de simple accroissement. Je dois ajouter que le nanisme paraît pouvoir être produit par d'autres causes. C'est ainsi que MM. Gerlach et Koch ont obtenu des embryons très petits à peu près normaux, mais presque tous dépourvus d'amnios, et dont l'évolution était très retardée, dans des œufs dont la coquille était totalement vernie à l'exception d'une zone perméable à l'air, de 4, 5 ou 6 millimètres de diamètre[3].

L'inégalité des deux moitiés de la tête entraîne souvent la direction différente du bec supérieur et du bec inférieur qui ne se correspondent pas. Cette anomalie reproduit, à certains égards, le caractère de l'oiseau que l'on désigne sous le nom de *bec-croisé*. Les mâchoires peuvent d'ailleurs présenter une très grande inégalité dans leurs dimensions. Généralement le bec supérieur est le plus court.

Ces faits, qui sont de simples arrêts de développement, s'expliquent de la manière la plus simple et sans qu'il soit nécessaire d'y insister longuement. Il n'en est pas de même de la fissure spinale et des déviations de la colonne vertébrale, où l'arrêt de développement, bien qu'il y existe, n'est pas immédiatement évident. Je dois donc leur consacrer une étude spéciale.

[1] Desfosses, *De l'œil du Protée*, dans les *Comptes rendus*, 1882, t. XCIV, p. 1726.

[2] Voir pages 125 et 126.

[3] Voir pages 148 et 149.

§ 3.

La fissure spinale, ou le *spina bifida*, consiste dans l'écartement des deux moitiés de l'arc vertébral supérieur, et souvent aussi dans leur absence plus ou moins complète. Restreinte le plus ordinairement à un petit nombre de vertèbres, elle est quelquefois très générale, et s'étend au rachis tout entier, et même au crâne qui n'en est, à certains égards, que l'épanouissement supérieur.

Cette anomalie s'accompagne très souvent, mais non toujours, d'une accumulation de sérosité dans le tube cérébro-spinal, ou dans les méninges, c'est-à-dire dans les membranes qui l'enveloppent. On l'a donc, pendant longtemps, expliquée par la production d'une hydropisie de l'axe cérébro-spinal, ou de ses annexes, dont la distension aurait violemment écarté ou partiellement détruit les deux moitiés, primitivement continues, de l'arc vertébral ou de la voûte du crâne, et même, dans certains cas, aurait déchiré les parois du tube nerveux. La fissure spinale serait donc toujours d'origine pathologique.

Mes recherches me conduisent à une opinion toute différente. La fissure spinale résulte d'un arrêt de développement complètement étranger à la pathologie. L'hydropisie, quand elle existe, n'est qu'un fait consécutif.

Rappelons brièvement le mode de formation de l'axe nerveux cérébro-spinal, et celui de l'arc vertébral supérieur.

L'axe nerveux cérébro-spinal a pour origine la *lame médullaire*, c'est-à-dire une partie de l'ectoderme qui se différencie peu à peu de la couche blastodermique dans laquelle elle a pris naissance. Cette partie, d'abord plate comme l'ectoderme lui-même, se transforme en une gouttière par le soulèvement des *lames dorsales* qui proviennent du mésoderme.

Un peu plus tard, le rapprochement des bords supérieurs de la lame médullaire transforme la gouttière en un tube fermé. Ce tube conserve pendant un certain temps sa continuité avec l'ectoderme; mais il finit par s'en séparer. Le tube nerveux et l'ectoderme deviennent alors complètement étrangers l'un à l'autre.

Les lames dorsales restent isolées, tant que la lame médullaire est continue avec l'ectoderme, soit que la gouttière existe encore, soit qu'elle soit fermée dans sa partie supérieure. Et il ne peut en être autrement, puisque les deux replis de l'ectoderme forment une barrière que les prolongements des lames dorsales ne peuvent franchir.

Lorsque cette continuité a disparu, les lames dorsales émettent des prolongements supérieurs qui, pénétrant dans l'espace devenu libre entre le tube nerveux et l'ectoderme, s'unissent l'un à l'autre sur la ligne médiane, et forment la couche blastématique désignée par Rathke sous le nom de *membrane unissante supérieure* (*membrana reuniens superior*).

Cette couche blastématique est elle-même le point de départ de trois couches différentes, le derme, l'arc vertébral, les méninges, couches qui apparaissent d'emblée avec leurs caractères définitifs. L'arc vertébral osseux est donc continu dès son origine : on ne le voit jamais, dans l'état normal, formé par deux moitiés éloignées l'une de l'autre. Ce fait semble, au premier abord, contraire à l'explication de la fissure spinale par un arrêt de développement; mais la contradiction n'est qu'apparente.

L'arrêt de développement frappe les lames dorsales pendant leur état blastématique, et avant qu'elles puissent se réunir, par leurs prolongements supérieurs, sur la ligne médiane. Les parties définitives qui résultent de leur transformation, et, par conséquent, les deux moitiés de l'arc vertébral, se constituent alors isolément. Or cet arrêt de développement des lames dorsales est lui-même le résultat de l'arrêt de développement de la lame médullaire et de la permanence de sa continuité avec le reste de l'ectoderme.

C'est ainsi que je me représente, depuis longtemps, le mode de formation de la fissure spinale. Mais cette conception, purement théorique, devait être confirmée par les faits. Je l'avais mentionnée dans la première édition de ce livre publiée en 1877[1]. Deux ans après, j'eus occasion de constater, sur un très jeune embryon humain, un cas de fissure spinale qui m'a présenté la réalisation complète de mes idées.

On n'avait, jusqu'alors, observé la fissure spinale qu'après la naissance, ou, du moins, qu'à un époque assez avancée de la vie intra-utérine; on ne connaissait pas, par conséquent, son état initial. Or, pendant l'été de 1879, mon ami, le D[r] Ern. Martin, m'apporta un très jeune œuf humain abortif. Nous l'ouvrîmes et nous y trouvâmes un embryon de 8 millimètres de longueur. La moelle épinière n'était point fermée dans la région lombo-sacrée, celle qui correspond au sinus rhomboïdal. Je dis à M. Martin que nous étions en présence du fait initial de la fissure spinale.

[1] DARESTE, *Recherches sur la production artificielle des monstruosités*, 1877, p. 109.

L'examen microscopique de l'embryon fut fait par MM. Tourneux et Martin. Ils constatèrent que la partie non fermée de la moelle épinière, qu'ils désignèrent sous le nom de *nappe médullaire*, présentait les mêmes éléments nerveux que la partie tubulaire, et qu'elle était, comme le reste de la moelle, en rapport avec les ganglions spinaux. La nappe médullaire n'était donc qu'une partie de la lame médullaire encore étalée, et ne s'étant pas repliée pour former un tube[1].

Depuis cette époque, j'ai rencontré, assez fréquemment, des faits de ce genre, dans les embryons de poule dont j'avais provoqué l'évolution en les faisant couver artificiellement dans des conditions insolites, et qui étaient, par conséquent, plus ou moins modifiés tératologiquement. La lame médullaire était restée partiellement étalée, tandis que, dans le reste de son étendue, elle s'était repliée en formant un tube. La seule différence que présentaient ces embryons de poule, avec l'embryon humain du Dr Ern. Martin, c'est que la nappe médullaire ne s'était pas produite à l'extrémité caudale du rachis, mais dans une partie quelconque de la région dorsale. Il est probable d'ailleurs que, même chez les embryons d'oiseaux, l'extrémité du rachis est le lieu d'élection de la formation de la nappe médullaire; car c'est là que la lame médullaire se ferme en dernier lieu.

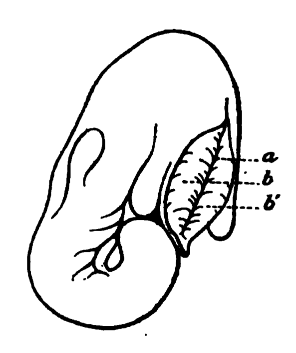


Fig. 27. — Embryon humain du Dr Martin. *a*, partie médiane de la gouttière médullaire. *b*, *b'*, parties latérales de cette gouttière.

Dans un de ces cas, présenté par un embryon qui avait dépassé la première semaine, les éléments ectodermiques de la lame médullaire s'étaient transformés en éléments nerveux. On voyait, sur la ligne médiane, le tube médullaire s'ouvrir par deux orifices, l'un supérieur et l'autre inférieur, qui conduisaient dans le canal de la moelle.

La fissure spinale, coexistant avec une nappe médullaire sans tumeur extérieure, peut rester, dans cet état, jusqu'à la naissance. Il y en a un bel exemple figuré par Sandifort[2]. La nappe médullaire, parfaitement reconnaissable, est entourée de tous les côtés par un bourrelet mar-

[1] TOURNEUX ET MARTIN, *Contribution à l'histoire du Spina bifida* dans le *Journal de l'Anatomie et de la Physiologie* de Robin et Pouchet, 1881, t. XVII, p. 1 et 283.

[2] SANDIFORT, *Museum anatomicum*, pl. 124.

quant la ligne de séparation entre elle et l'ectoderme. Förster, qui a reproduit les figures de Sandifort, considère le bourrelet comme le reste d'une tumeur hydropique dont les parois se seraient rompues avant la naissance[1]. Pour ma part, je ne puis considérer cette anomalie que comme la permanence d'un état comparable à ceux que j'ai constatés dans l'embryon humain de M. Martin, et dans les embryons de poule que je viens de mentionner.

Mais si, dans certains cas, la fissure spinale existe réellement,

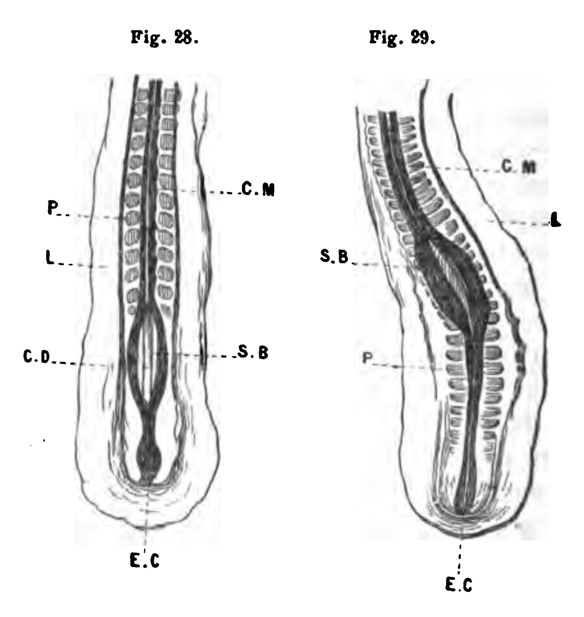


Fig. 28 et 29. — Deux cas de spina bifida observés chez des embryons de poule. C.M, canal médullaire. S.B, spina bifida, C.D, corde dorsale. P, proto-vertèbres. L, lames latérales. E.C, extrémité caudale.

sous cette forme, au moment de la naissance, le fait est extrêmement rare. Les fissures spinales que l'on observe après la naissance, ou un peu avant, présentent généralement des caractères assez différents. J'ai cru tout d'abord que cela tenait à une différence de nature. Mais je n'ai pas tardé à reconnaître que la forme que j'avais observée était la forme initiale, qui se modifie notablement pendant l'évolution. Le fait a été mis pleinement en lumière, par MM. Tourneux

[1] Foerster, *Die Missbildungen des Menschen*, p. 85, pl. 14, fig. 7, 8, 9.

et Martin[1]. M. Koch[2] en 1882, et M. Recklinghausen[3] en 1886, ont confirmé et complété les observations de ces deux anatomistes.

La principale modification qu'éprouve la nappe médullaire qui est primitivement à nu dans la fissure spinale, c'est qu'elle se recouvre d'une couche de formation nouvelle, d'une épaisseur plus ou moins grande. Cette couche est constituée par un tissu fibreux, comparable à celui des cicatrices, et qui, dans certains cas, rêvet plus ou moins complètement les caractères de la peau. Alors la fissure spinale n'est pas visible à l'extérieur. On ne peut la diagnostiquer qu'en constatant, à l'aide du toucher, l'écartement des deux moitiés de l'arc vertébral[4].

Nous ne possédons actuellement aucune notion précise sur le mode de formation de cette couche fibreuse ou cutanée. Mais il est très probable qu'elle résulte de la prolifération des éléments de la partie de la peau qui entoure la nappe médullaire avec laquelle elle se continue, prolifération qui se propage de dehors en dedans. On a vu que, dans le cas de Sandifort, cette nappe était entourée par un bourrelet dont la saillie provenait très probablement de la formation de ces éléments nouveaux[5].

La formation de cette couche fibreuse ou fibro-cutanée aurait donc pour effet de réparer, dans une certaine mesure, les modifications pro-

[1] Tourneux et Martin, *loc. cit.*

[2] Koch, *Beiträge zur Lehre von der Spina bifida*, 1881. — Je cite ce livre d'après Recklinghausen, parce que je n'ai pu me le procurer.

[3] Recklinghausen, *Untersuchungen über die Spina bifida*, Strasbourg, 1886. — Cet ouvrage, très bien fait, résume toutes nos connaissances actuelles sur les diverses formes de la fissure spinale.

[4] D'après Virchow et Recklinghausen, la fissure spinale occulte de la région lombaire présenterait parfois un signe extérieur, l'existence dans cette région d'une touffe de poils considérablement développés. Ces anatomistes comparent cette touffe de poils avec celle que les artistes grecs figuraient dans leurs représentations des faunes et des satyres; ils pensent qu'elle leur a servi de modèle. Voir la note B, à la fin de la 3e partie.

[5] L'existence de cette couche fibreuse ou fibro-cutanée qui revêt plus ou moins complètement la nappe médullaire, et dont j'ignorais le mode de formation, m'a fait croire, à une certaine époque, que les tumeurs lombaires, ou lombo-sacrées qui accompagnent si fréquemment la fissure spinale, étaient d'une tout autre nature que les faits observés chez de très jeunes embryons. Je pensais que cette extension du tissu fibreux ou fibro-cutané sur la nappe médullaire, résultait de l'union sur la ligne médiane des prolongements des lames dorsales, ou, en d'autres termes, de la formation de la membrane unissante de Rathke. Dareste, *Recherches sur le mode de formation de la fissure spinale*, dans les *Comptes rendus*, 1879, t. XCCCIX, p. 1042. Les observations de MM. Tourneux et Martin ont complètement modifié cette manière de voir.

duites par l'anomalie, si, dans le plus grand nombre de cas, la nappe médullaire, plus ou moins complètement revêtue par une couche de nouvelle formation, n'était projetée en arrière par un amas de sérosité. Ainsi se forment les tumeurs lombo-sacrées qui ont si souvent attiré l'attention des anatomistes depuis Tulp, et que l'on a considérées pendant longtemps comme produites par une hydropisie de la moelle. Or l'étude de ces tumeurs a appris que le liquide qui s'accumule dans leur cavité n'est pas contenu dans la moelle elle-même, mais dans les membranes qui l'entourent, et qu'il occupe l'intervalle compris entre la dure-mère et l'arachnoïde d'une part, la pie-mère de l'autre. Ce liquide, qui est le liquide céphalo-rachidien, s'accumule derrière la nappe médullaire, parce que c'est la partie la plus déclive du canal vertébral, et la projette en arrière parce que c'est la partie de ce canal qui possède la moindre résistance. Il n'y a donc pas là, à proprement parler, une véritable hydropisie, mais seulement une légère augmentation du liquide céphalo-rachidien, provoquée par son accumulation dans la partie inférieure des enveloppes de la moelle[1]. La tumeur lombo-sacrée n'est donc qu'un fait consécutif à la formation de la nappe médullaire, c'est-à-dire au défaut partiel de fermeture de la lame médullaire.

Comme je n'écris point un traité complet de tératologie, mais que je dois me borner à l'exposition des faits tératogéniques, je n'entrerai point dans de plus grands détails sur l'histoire anatomique de la fissure spinale avec tumeur lombaire. Je ferai remarquer toutefois qu'avant la découverte de la non-fermeture partielle de la moelle épinière, fait initial de cette anomalie, on avait déjà reconnu la plupart des faits relatifs à la constitution de ces tumeurs, mais sans pouvoir en rendre compte. Morgagni avait été très surpris de voir, dans ces cas, la moelle épinière descendre beaucoup plus bas que d'ordinaire, dans le canal rachidien. Cruveilhier[2] montra que cela s'expliquait

[1] Est-ce à cette cause que l'on doit attribuer l'absence de ces tumeurs lombo-sacrées, chez les mammifères autres que l'espèce humaine? Il serait très intéressant, à ce sujet, de savoir si les mammifères peuvent présenter l'écartement des moitiés de l'arc vertébral, sans présenter la tumeur sacrée qui l'occupe. S'il en était ainsi, cette tumeur, fait entièrement consécutif, résulterait le plus souvent de la station verticale chez l'homme.

[2] CRUVEILHIER, *Anatomie pathologique*, pl. 3, 4, 5, 6; *Traité d'anatomie pathologique générale*, p. 201 et 598. La phrase suivante de Cruveilhier montre combien il s'était approché de la vérité : « On ne saurait expliquer et la formation de ces tumeurs, et surtout la disposition de la moelle et des nerfs à leur niveau, sans admettre une *adhérence préalable* de la moelle et de ses enveloppes avec les tégu-

par la permanence de la disposition primitive de la moelle, qui, maintenue par des adhérences, n'avait pu remonter dans ce canal pour se terminer au niveau de la première vertèbre lombaire. Il avait également constaté que la cavité qui occupe l'intérieur de la tumeur est formée, non par le canal de la moelle, mais par un espace méningien limité en avant par la dure-mère et en arrière par la pie-mère, et que les nerfs provenant de la nappe médullaire flottent dans le liquide céphalo-rachidien, pour venir traverser la dure-mère et sortir par les trous de conjugaison. Virchow avait reconnu que la tumeur présente extérieurement un enfoncement en forme d'ombilic, dans lequel se trouve un orifice, tantôt libre et tantôt oblitéré, qui, dans le premier cas, fait communiquer la nappe médullaire avec le canal de la moelle[1]. Mais on ne pouvait voir alors l'enchaînement de ces différents faits.

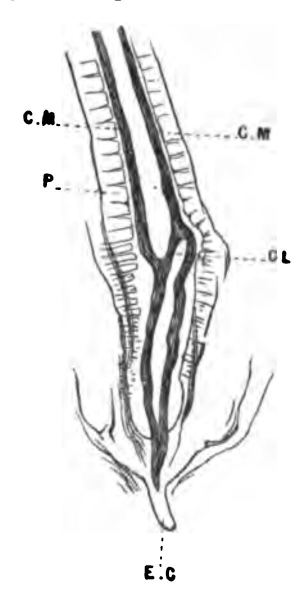


Fig. 30. — Moitié postérieure du corps d'un embryon avec écartement des cordons de la moelle. C.M, cordons blancs de la moelle séparée par le ruban transparent. CL, cloison transversale; indication du cloisonnement qui se développe beaucoup plus dans d'autres embryons. P, proto-vertèbres E.C, extrémité caudale.

Tout s'explique de la manière la plus simple depuis que j'ai découvert la non-fermeture partielle de la moelle. Cette découverte a été pleinement confirmée par Tourneux et Martin qui ont constaté les éléments nerveux de la nappe médullaire; puis par Recklinghausen qui l'a décrite plus complètement que ses devanciers, en faisant bien connaître les orifices du canal de la moelle et en décrivant le réseau vasculaire qui se produit en dehors de la nappe, dans la partie sous-jacente de la pie-mère. Aujourd'hui tous ces faits sont nettement établis, au moins dans leurs conditions essentielles; car il peut s'y ajouter, comme dans toutes les anomalies, quelques particularités individuelles qui exigeraient des explications spéciales.

ments, adhérence antérieure à la cartilaginification des lames, qui maintiendrait la moelle hors du canal vertébral et s'opposerait par conséquent à la formation de ces lames dans la région correspondante. » Ce qui manquait à Cruveilher, c'était la connaissance de l'embryogénie. L'adhérence de la moelle avec les téguments était pour lui le résultat d'un fait pathologique, et non un arrêt de développement.

[1] Virchow, *Die krankhaften Geschwülste*, t. I, p. 178.

La fissure spinale peut avoir, dans d'autres cas, mais beaucoup plus rarement, une autre origine.

J'ai rencontré parfois, dans mes expériences, une modification très remarquable de la moelle épinière, modification qui pouvait n'exister que dans certains points, mais qui parfois s'étendait dans toute sa longueur, en se prolongeant même jusqu'à l'encéphale.

La moelle forme alors un tube complètement fermé, mais beaucoup plus large que d'ordinaire. A l'état normal, sa paroi supérieure semble constituée par deux rubans, d'un blanc opaque, juxtaposés et séparés seulement l'un de l'autre par un raphé. Dans les cas que je décris, les deux rubans sont séparés par un ruban complètement transparent et incolore. La moelle est alors transformée en un tube rempli de sérosité[1].

Voici comment je m'explique la formation de cette anomalie. Au début, la gouttière médullaire reste largement ouverte, comme dans les faits précédents, et, par conséquent, les lames dorsales sont écartées l'une de l'autre. Mais alors les parties de l'ectoderme qui occupent les deux bords de la gouttière se replient en dedans, viennent à la rencontre l'une de l'autre, et transforment la gouttière en un tube. La fermeture de la gouttière médullaire est ainsi beaucoup plus tardive qu'à l'état normal. Il en résulte que les parties ectodermiques qui doivent donner naissance aux éléments nerveux n'occupent que la partie inférieure et les parois latérales du tube médullaire, et que toute la paroi supérieure est simplement formée par deux replis de l'ectoderme qui conservent toujours leur constitution primitive. Ces deux replis marchent de dehors en dedans, jusqu'à leur rencontre sur la ligne médiane; puis ils divergent pour se continuer avec la partie de l'ectoderme qui formera plus tard l'épiderme de l'embryon[2].

Le tube médullaire ainsi constitué présente un caractère remarquable.

La lame ectodermique qui produit les éléments nerveux, et dont les bords forment les rubans blancs visibles à l'extérieur, s'arrête de très bonne heure dans son développement et reste très mince, tandis que

[1] Voir l'Atlas, pl. XI, fig. 7.

[2] Recklinghausen pense que, dans ces cas, la formation de la paroi supérieure du tube médullaire serait due non à des replis ectodermiques, comme je crois pouvoir l'admettre, mais à la membrane unissante de Rathke, production mésodermique (*loc. cit.*, p. 89). Je ne puis accepter cette manière de voir qui ne me paraît pas conforme aux faits et qui ne rend pas compte de l'écartement des deux moitiés de l'arc vertébral, dans ces conditions.

la sérosité s'accumule dans la cavité tubulaire. Il y a alors une hydropisie partielle ou totale de la moelle, hydropisie résultant uniquement de l'augmentation de la sérosité qui, dans l'état normal, occupe primitivement toute la capacité des cavités de l'axe cérébro-spinal, mais qui diminue constamment par suite de la formation continuelle des éléments de la moelle.

Cet arrêt de développement, lorsqu'il frappe la moelle tout entière

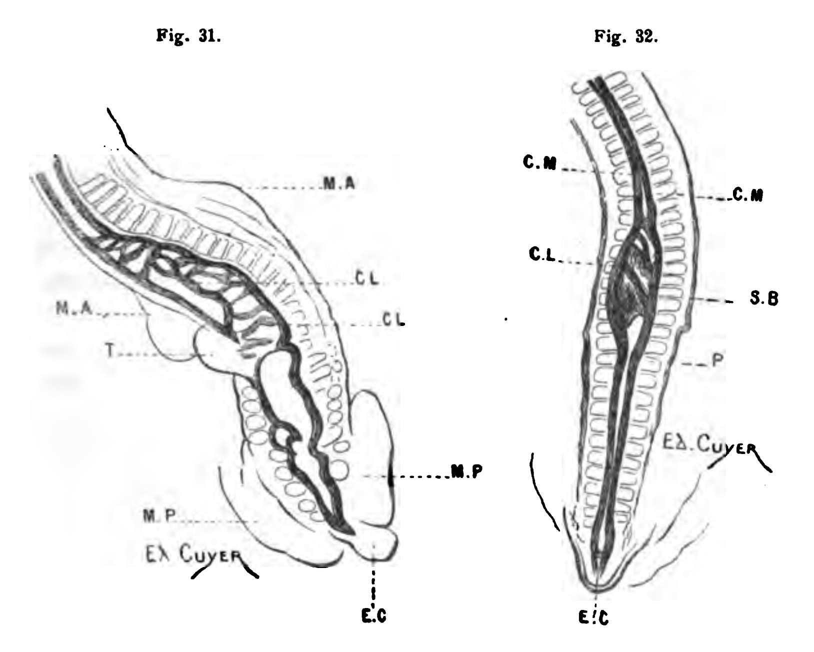


Fig. 31. — Tube médullaire avec cloisons. M.A, M.A, membres antérieurs. M.P, M. P, membres postérieurs. CL, CL, cloisons. T, cavité formant une tumeur qui dépasse le niveau de la moelle. E.C, extrémité caudale.

Fig. 32. — Nappe médullaire avec cloisons. C.M, C.M, cordons de la moelle. S.B, spina bifida. C.L, cloisons. P, proto-vertèbres. E.C, extrémité caudale.

et l'encéphale, est le point de départ d'une monstruosité très grave, l'anencéphalie. J'y reviendrai plus tard[1].

J'ai vu, dans un certain nombre de cas, la nappe médullaire et le tube médullaire modifié par sa fermeture tardive, devenir le siège de formations nouvelles. Il se produit, dans certains points de la moelle, des cloisons transversales ou longitudinales qui la partagent en un nombre plus ou moins grand de cavités, tantôt complètement isolées, et tantôt

[1] Voir le chap. v, § 5 de la 3e partie.

communiquant les unes avec les autres. Ces faits ont été signalés par Œllacher[1] puis par Lebedeff[2]. Je les ai rencontrés un certain nombre de fois.

La formation de ces cloisons résulte du plissement de la lame médullaire. Cela se voit d'une manière bien évidente dans les coupes de moelle figurées par Œllacher. Puis entre ces plis de la lame médullaire s'étendent des prolongements de la lame mésodermique qui est le point de départ de la pie-mère. Dans la région de la moelle, cette formation atteint un certain degré qu'elle ne dépasse pas. Mais on verra que, dans la région de l'encéphale, cette formation va beaucoup plus loin, et qu'elle produit, en se vascularisant, un tissu nouveau, rempli de vaisseaux sanguins, qui se substitue en partie, et même en totalité, à la partie céphalique du système nerveux. J'y reviendrai à l'occasion de l'histoire des monstres pseudencéphaliens[3].

Un dernier fait à mentionner dans l'étude de l'origine des diverses formes de la fissure spinale, c'est qu'elles accompagnent fréquemment d'autres anomalies, sans qu'il soit possible de voir actuellement le lien qui les unit. J'ai montré[4] que la pression exercée par l'amnios arrêté dans son développement explique la coexistence d'un certain nombre d'anomalies très diverses sur un même embryon. Cette cause ne peut évidemment pas rendre compte de la formation de la fissure spinale. Nous ne pouvons donc, pour le moment, que signaler le fait.

§ 4.

Les déviations de la colonne vertébrale et des membres, lorsqu'elles sont congénitales, se produisent, quelque diverses qu'elles soient, par un même procédé, l'arrêt de développement. Cette assertion peut sembler étrange au premier abord; elle est pourtant l'expression de la réalité. Sans doute, il est très rare qu'une déviation résulte de la permanence d'un état embryonnaire. Tel est pourtant le cas de certaines espèces de pied bot. Le pied *équin* représente le premier état du membre postérieur, avant sa division en segments. Le renversement du pied en dedans, ou le *varus*, correspond à un âge plus

[1] Œllacher, *Ueber einen Fall partieller Multiplicität des Rückenmarkes in einem viertägigen Hühnerembryo in Berichte des naturw.-med. Vereins*. Inspruk, t. III.

[2] Lebedeff, *Ueber die Entstehung der Anencephalie und Spina bifida bei Vögeln und Menschen*, dans *Virchow's Archiv*, 1881, t. LXXXVI, p. 273 et suiv.

[3] Voir le chap. v, § 6 de la 3e partie.

[4] Voir p. 313.

avancé de la vie embryonnaire[1]. Mais, le plus ordinairement, l'arrêt de développement ne frappe pas l'embryon lui-même, tandis qu'il atteint l'amnios. Les arrêts de développement, plus ou moins considérables, de cette poche entravent le développement de l'embryon par la compression qu'ils exercent sur diverses de ses parties, et produisent les déviations congénitales de la colonne vertébrale et des membres[2]. J'ai déjà mentionné, à diverses reprises, l'action tératogénique de l'amnios arrêté dans son développement; je crois donc inutile d'y insister ici[3].

J'ai rencontré ces faits de déviation assez fréquemment dans mes expériences. Ainsi lorsque l'amnios est frappé d'un arrêt général de développement, et que l'ombilic amniotique reste largement ouvert, l'embryon, s'il continue à s'accroître, vient se heurter à ses deux extrémités contre des barrières infranchissables, et doit nécessairement s'infléchir et se recourber sur lui-même. Il se produit ainsi des *scolioses* congénitales[4]. Si la compression n'est que partielle, les membres, tantôt isolément et tantôt simultanément, peuvent également présenter des déviations. Ces faits, comme tous les faits tératologiques, ne se produisent que pendant la première période de la vie embryonnaire, celle où les organes ne sont encore constitués que par des cellules

[1] Voir à ce sujet Meckel, *Handbuch der pathol. Anatomie*, t. 1, p. 757. — Is. Geoffroy Saint-Hilaire, *Traité de tératologie*, t. I, p. 404.

[2] Il importe d'insister sur la différence qui existe entre les déviations congénitales, et celles qui sont postérieures à la naissance. Sans doute, les unes et les autres aboutissent à des résultats très semblables en apparence. Mais elles diffèrent complètement par le mécanisme de leur production. Les déviations postérieures à la naissance, qui se produisent par l'effet d'attitudes vicieuses ou de maladies, jouent un grand rôle dans la pathologie humaine. On comprend donc facilement comment les médecins ont été souvent conduits à invoquer les causes pathologiques pour expliquer les déviations congénitales. Mais l'observation m'a appris que ces déviations sont des faits d'embryogénie modifiée, et, par conséquent, d'une tout autre nature que les déviations postérieures à la naissance.

Je suis d'ailleurs très disposé à admettre que, bien souvent au moins, la ressemblance n'est qu'apparente. J'ai peine à croire que les surfaces articulaires aient exactement la même disposition, dans les pieds bots congénitaux et dans ceux qui se produisent après la naissance; car, dans les premiers, elles apparaissent d'emblée avec leurs caractères tératologiques; tandis que, dans les seconds, l'état anormal résulte toujours de la modification d'un état normal primitif. Il y a là un très curieux problème que je soumets aux tératologistes.

[3] Voir le chapitre Ier, § 2 de la 2e partie, et le chapitre III, § 6 de la 3e partie.

[4] Je dois insister sur ce fait, parce que mon ami bien regretté le Dr Dally, l'inventeur des premières méthodes rationnelles d'orthopédie, m'a dit souvent qu'il ne croyait pas à l'existence de déviations congénitales de la colonne vertébrale, indépendantes d'autres anomalies ou monstruosités. Sans doute, le fait est très rare, mais il existe. Je possède, dans ma collection tératologique, un très beau cas de scoliose congénitale sans autres monstruosités.

homogènes[1]. Les organes définitifs qui se forment dans des blastèmes ainsi modifiés par des causes tératogéniques apparaissent d'emblée avec des caractères tératologiques, et la pathologie ne doit, en aucune façon, être invoquée pour rendre compte de leur origine[2].

Ces faits mettent complètement à néant la théorie de J. Guérin sur le mode de formation des déviations congénitales. On sait que ce célèbre chirurgien les considérait comme produites par des contractures résultant d'affections convulsives. Or cette théorie cesse d'être admissible du moment que l'on constate que les déviations congénitales existent avant la formation des organes définitifs, os, muscles et nerfs. Il n'est donc pas nécessaire de la combattre avec d'autres arguments.

Je me contenterai seulement de signaler à ce sujet une observation intéressante de Robin[3]. L'un des grands arguments de J. Guérin à l'appui de sa thèse, c'est l'état des muscles dans le pied bot, ainsi que dans un certain nombre de monstruosités comme la symélie et l'acéphalie. Les muscles présentent alors un aspect tout particulier qui a été signalé par les tératologistes. J. Guérin considérait ces muscles comme modifiés par une métamorphose régressive, résultant d'une maladie convulsive. Robin, ayant eu l'occasion d'étudier un embryon humain de trois mois et demi atteint d'un pied bot *varus*, constata que l'aspect des muscles de la partie anormale résultait d'un arrêt de développement qui les aurait maintenus dans un état embryonnaire. Malheureusement cette observation de Robin est actuellement unique. Il serait très intéressant de savoir si cet arrêt de développement se rencontre dans tous les cas de pieds bots congénitaux, et aussi dans tous les états tératologiques où les muscles présentent un aspect analogue. C'est une question que je dois poser aux tératologistes.

[1] Ces cas de déviation ne sont pas les seules anomalies des membres qui résultent de la compression de l'embryon par l'amnios; telles sont encore l'ectromélie et la symélie. J'ai fait connaître ces faits en détail dans un travail publié en 1882 sous ce titre : *Mémoire sur les anomalies des membres et sur le rôle de l'amnios dans leur production*, dans le *Journal de l'Anatomie et de la Physiologie* de Robin et Pouchet, t. XVIII, p. 310. Je reproduis un extrait de ce mémoire dans la note C de la troisième partie.

[2] Cruveilhier avait été bien près de la vérité : « Ces déviations, disait-il, sont la conséquence d'une cause mécanique, d'une compression qui s'exerce sur le corps de l'enfant, soit par le fait d'une position défectueuse... soit par le fait de la pénurie des eaux de l'amnios, avec ou sans compression extérieure. » (*Traité d'anatomie pathologique générale*, t. I, p. 703). S'il avait connu les faits de l'embryogénie, il aurait complètement résolu la question.

[3] Robin, *Gazette des hôpitaux*, 1860.

§ 5.

L'existence de parties surnuméraires est fréquente en tératologie. On désigne généralement sous le nom de *monstres par excès* les êtres qui les présentent.

La nature des monstres par excès a été et est encore le sujet de vives controverses pour les physiologistes. Les uns admettent que le monstre par excès est un embryon simple dont l'organisme a produit des parties surnuméraires. Les autres admettent que le monstre par excès résulte de la fusion d'éléments appartenant à deux embryons. Dans cette dernière manière de voir, les monstres par excès sont des monstres doubles.

Si l'on retrouvait toujours, dans ces monstres, deux corps embryonnaires complets, il n'y aurait évidemment pas de difficultés; car il y aurait seulement à comprendre comment deux corps embryonnaires, primitivement distincts, se seraient soudés pour former un organisme unique. Mais il arrive le plus souvent, dans les monstres par excès, que la dualité organique n'est que partielle. Il y a dualité pour l'une des régions du corps, unité pour l'autre région. La dualité primitive n'est donc pas immédiatement évidente. Car si, dans la théorie de l'unité primitive, on doit chercher la cause de la multiplication de certains organes, dans la théorie de la dualité, on doit chercher la cause de leur absence dans les régions réduites à l'unité.

Toutes les études que j'ai faites m'ont conduit à admettre la théorie de la dualité primitive comme vraie dans le plus grand nombre des cas. Je les résumerai dans une autre partie de ce livre. Toutefois cette explication, bien que très générale, n'est pas toujours applicable. L'augmentation numérique de certains organes peut tenir à d'autres causes.

Tantôt cette augmentation n'existe qu'en apparence. Il y a des organes qui sont doubles pendant une certaine période de la vie embryonnaire, et qui, plus tard, se soudent entre eux et arrivent à l'unité. Si cette union ne se produit pas, la dualité primitive persiste par le fait d'un arrêt de développement. Telle est, par exemple, la dualité permanente du cœur[1].

Tantôt cette augmentation est réelle. Il peut arriver, dans le cas d'organes placés en série, que le nombre de ces organes dépasse le nombre normal. On rencontre parfois des doigts et des vertèbres surnuméraires. Leur existence ne peut évidemment pas s'expliquer par

[1] Voir le chap. 1er, § 4 de la 3e partie.

une dualité embryonnaire primitive. Il faut ici, de toute nécessité, admettre un excès de développement. Dans nos connaissances actuelles, nous ignorons complètement la cause de cette augmentation, et nous sommes contraints de l'accepter comme un fait.

L'augmentation numérique des organes placés en série diffère complètement de la dualité des organes que l'on étudie chez les monstres doubles qui se sont formés par la soudure d'éléments appartenant à chacun des sujets composants, soudure qui se produit d'après la loi de l'union des parties similaires. Il y a là deux ordres de faits très distincts, et dont il est très facile de déterminer la véritable nature. Mais on conçoit que, lorsque cette distinction n'était pas faite, les physiologistes aient pu les confondre. Aussi nous comprenons comment certains tératologistes ont opposé à la théorie de la dualité primitive, le fait de l'augmentation numérique des organes placés en série. La logique, disaient-ils, contraignait les partisans de la dualité primitive à admettre que cette théorie devait nécessairement expliquer l'existence de tout organe surnuméraire, et, par exemple, l'existence d'un sixième doigt à la main ou au pied. Si le fait était admissible dans certains cas, il devait l'être dans tous les cas.

Au siècle dernier, dans la célèbre discussion sur l'origine des monstres qui eut lieu devant l'Académie des sciences, cet argument fut opposé par Winslow à Lémery qui soutenait la théorie de la dualité. Le secrétaire de cette compagnie, Mairan, qui avait remplacé Fontenelle, renchérit encore sur les objections de Winslow[1]. Bien que sa position officielle lui fît un devoir d'une impartialité complète entre les deux adversaires, il chercha à établir, par le calcul, la probabilité de l'union d'un doigt unique, reste d'un embryon détruit, avec la main complète d'un individu bien conformé. Cette probabilité s'exprimait par une fraction dont le numérateur était l'unité, tandis que le dénominateur était l'unité suivie d'un nombre prodigieux de zéros. La probabilité du fait était donc nulle. Et le nombre des zéros du dénominateur s'accroissait dans des proportions bien autrement considérables, lorsque l'existence des doigts surnuméraires se produisait, comme cela se rencontre parfois, aux quatre membres.

Il y a quelques années, dans une discussion qui s'éleva devant la Société d'anthropologie (1873 et 1874), Broca m'opposa la même objection[2].

[1] Mairan, *Histoire de l'Ac. des sciences*, 1743.

[2] *Bulletins de la Société d'anthropologie*, t. VIII, 2e série, p. 886, 1872.

Je ne m'étendrai pas sur cette question, parce que, dans les sciences, les discussions sont interminables lorsqu'elles ne reposent pas sur des faits. Je me contenterai seulement de dire que, tout partisan que je sois de la dualité embryonnaire dans le cas des monstres doubles, je n'admets pas cependant que la présence d'un doigt surnuméraire implique nécessairement cette dualité. Il y a des faits qui démontrent nettement le contraire. On a fait, depuis Bonnet et Spallanzani, de très nombreuses expériences sur la régénération des membres ou des segments de membres chez les batraciens urodèles. Or, dans ces expériences, on a vu souvent, à la suite de l'amputation des doigts, ces organes repousser plus nombreux après l'opération. Il est bien clair que ce fait est absolument en dehors de la dualité primitive, et que la mutilation n'a fait que mettre en jeu une propriété de l'organisme lui-même. Ce qui s'est produit après l'amputation aurait pu évidemment se produire dès l'époque de la formation des membres.

Si d'ailleurs on voulait pousser cette objection jusqu'à ses conséquences les plus extrêmes, pourquoi n'admettrait-on pas que l'existence d'une vertèbre surnuméraire indiquerait une dualité primitive? Mais qui pourrait sérieusement penser qu'un embryon se détruirait complètement, à l'exception d'une seule vertèbre, et que cette vertèbre viendrait s'intercaler dans la colonne vertébrale d'un autre embryon? On arriverait à des absurdités manifestes. Et pourtant, si l'on admet qu'il en puisse être ainsi pour un doigt surnuméraire, il n'y a aucune raison pour ne pas admettre qu'il puisse en être ainsi pour une vertèbre surnuméraire.

Il y a donc des anomalies par excès, lorsqu'il s'agit de l'augmentation de nombre, chez les êtres simples, d'organes placés en série. Mes expériences ne m'ont encore rien appris sur leur mode de formation.

CHAPITRE IV

MODE DE PRODUCTION DE L'INVERSION DES VISCÈRES OU HÉTÉROTAXIE

L'inversion des viscères ou *hétérotaxie*, est l'une des anomalies les plus curieuses qui peuvent affecter l'organisation des animaux vertébrés, parce que, bien que très complexe et affectant un très grand nombre d'organes, elle n'a cependant aucune gravité, et ne met pas obstacle au jeu régulier des actes physiologiques[1].

Is. Geoffroy Saint-Hilaire a parfaitement exprimé les caractères de cette anomalie dans les phrases suivantes que je reproduis textuellement. « Tous les organes, soit thoraciques, soit abdominaux, soit pairs, soit impairs, ont exactement la disposition inverse de celle qui constitue l'état régulier; tous ceux qui sont ordinairement à droite étant du côté gauche, et tous ceux qui doivent être du côté gauche se trouvant à droite, de telle sorte que leur ensemble est précisément ce que serait dans une glace l'image de tous les organes thoraciques et abdominaux d'un individu normal. Réciproquement l'image de l'ensemble des organes transposés représenterait fidèlement l'état normal du thorax et de l'abdomen[2]. »

L'intérêt qui s'attache à cette anomalie s'est encore accru par une découverte de Serres sur l'organisation de certains types de la monstruosité double[3]. Dans les monstres doubles à double poitrine, l'un des sujets composants est nécessairement inverse; car l'inversion des viscères chez l'un des sujets est la cause qui détermine la fusion des deux embryons[4].

[1] Ce chapitre est le développement d'une note publiée en 1859 dans le *Bulletin de la Société de biologie*, 1859, 3ᵉ série, t. III, p. 8, et de trois notes publiées dans les *Comptes rendus*, 1865, t. LX, p. 746; 1868, t. LXVII, p. 485; 1869, t. LXX, p. 761.

[2] Is. Geoffroy Saint-Hilaire, *Traité de tératologie*, t. II, p. 7.

[3] Serres, *Recherches d'anatomie transcendante et pathologique*, dans les *Mém. de l'Ac. des sc.*, 1832, t. IX, p. 800.

[4] Voir le chap. VII de la 3ᵉ partie.

Aristote avait déjà signalé cette anomalie. Mais ce fut seulement à la fin du XVII[e] siècle qu'elle appela l'attention des médecins et même du public[1]. Un premier fait de ce genre fut décrit par Riolan en 1652[2]. Le mot célèbre de Molière, dans *le Médecin malgré lui :* « Nous avons changé tout cela, » est une allusion à un autre cas d'inversion observé en 1672, par Morand, sur le corps d'un invalide âgé de soixante-douze ans[3].

Antérieurement à mes recherches, l'hétérotaxie était entièrement inexpliquée. Aussi a-t-elle fourni aux défenseurs de la monstruosité originelle un de leurs plus puissants arguments.

J'ai pu, en 1860, me rendre compte de son mode de formation par des considérations théoriques très simples que l'on déduit facilement de l'embryogénie normale[4].

A l'âge adulte, chez l'homme et les animaux vertébrés, certains organes sont symétriques ; d'autres, au contraire, comme le tube digestif et la partie centrale de l'appareil circulatoire, échappent à la loi de symétrie.

La symétrie se produit de deux manières différentes. Les organes symétriques, situés sur le plan médian du corps, peuvent être partagés par ce plan en deux moitiés parfaitement symétriques l'une de l'autre. Les organes symétriques, situés en dehors de ce plan, sont doubles et placés symétriquement par rapport à lui.

Bichat, dans sa célèbre distinction des deux vies, a fait de la symétrie le caractère des organes de la vie animale; de l'asymétrie, le caractère des organes de la vie organique[5].

On a fait remarquer depuis longtemps que ce prétendu caractère différentiel n'a pas l'importance que Bichat croyait pouvoir lui attribuer. Même en ne considérant que les êtres adultes, on voit que beaucoup d'organes de la vie organique sont plus ou moins symétriques. Mais l'embryogénie a permis d'aller plus loin. L'embryon est symétrique à son début, et, par conséquent, les organes qui, à l'âge adulte, échappent plus ou moins à la loi de symétrie, étaient, à leur origine, parfaitement symétriques.

1 Aristote, περὶ ζώων γενεσέως, lib. IV, cap. IV, parle de mammifères qui auraient présenté le foie à gauche et la rate à droite.

2 Riolan, *Opuscula anatomica varia et nova.* Paris, 1652.

3 Morand, dans la *Collection des Mém. de l'Ac. des sc.*, de 1666 à 1689, t. II, p. 44; t. X, p. 731.

4 Dareste, *Sur les conditions organiques des hérérotaxies*, dans les *Bulletins de la Société de biologie*, 3e série, t. III, p. 8, 1859.

5 Bichat, *Recherches sur la vie et la mort*, 1re partie, art. 2, § 1.

La symétrie est donc une condition primitive de l'organisme tout entier; puis elle disparaît plus ou moins dans certains appareils ou certains organes qui ne revêtent que tardivement leur caractère définitif d'asymétrie.

Cette disparition de la symétrie se produit par deux procédés différents, suivant que les organes symétriques sont simples ou doubles, qu'ils sont situés des deux côtés du plan médian, ou qu'ils occupent ce plan lui-même. Dans le premier cas, l'un des organes pairs s'atrophie, tandis que l'autre persiste : c'est le cas du système vasculaire. Dans le second, les diverses parties de l'organe médian se développent inégalement : c'est le cas de l'appareil digestif.

Il serait sans doute très intéressant de montrer comment la symétrie primitive disparaît peu à peu pour faire place à l'état définitif. Mais ce travail serait très long; il rentre d'ailleurs dans l'embryogénie normale. Je me bornerai donc à montrer comment la disparition de la symétrie rend très exactement compte de la production de l'hétérotaxie.

Le système vasculaire est primitivement double et symétrique.

Chez tous les vertébrés allantoïdiens, le bulbe du cœur émet, à son extrémité antérieure, deux vaisseaux qui remontent le long du pharynx, puis s'étendent, d'avant en arrière, au-dessous des proto-vertèbres. Ce sont les deux aortes primitives qui, d'abord séparées, ne tardent pas à s'unir pour former un vaisseau unique, l'aorte descendante[1]. Il se produit ainsi une première paire de crosses aortiques qui s'engagent dans les deux premiers arcs branchiaux.

En arrière de cette première paire de crosses aortiques, il s'en produit quatre autres d'avant en arrière. Ces crosses, qui partent du tronc commun des aortes à la sortie du cœur, viennent toutes aboutir aux deux racines de l'aorte descendante.

Il y a donc, au début, une symétrie complète des vaisseaux artériels qui sortent du cœur.

Plus tard, un certain nombre de ces vaisseaux s'oblitère. Leur disparition se produit tantôt des deux côtés à la fois, et tantôt d'un seul. C'est ainsi que la symétrie primitive se trouve partiellement détruite.

Les deux premières paires disparaissent presque entièrement, en laissant seulement quelques éléments qui prennent part à la formation des artères carotides.

La troisième paire de crosses persiste des deux côtés. Elle entre complètement dans la formation des carotides.

[1] Voir p. 299.

Les crosses de la quatrième paire persistent, mais en se modifiant différemment des deux côtés. Chez les mammifères et chez l'homme, la crosse gauche devient la crosse définitive de l'aorte, et se continue avec la racine de l'aorte descendante. La crosse droite au contraire se

Fig. 33.

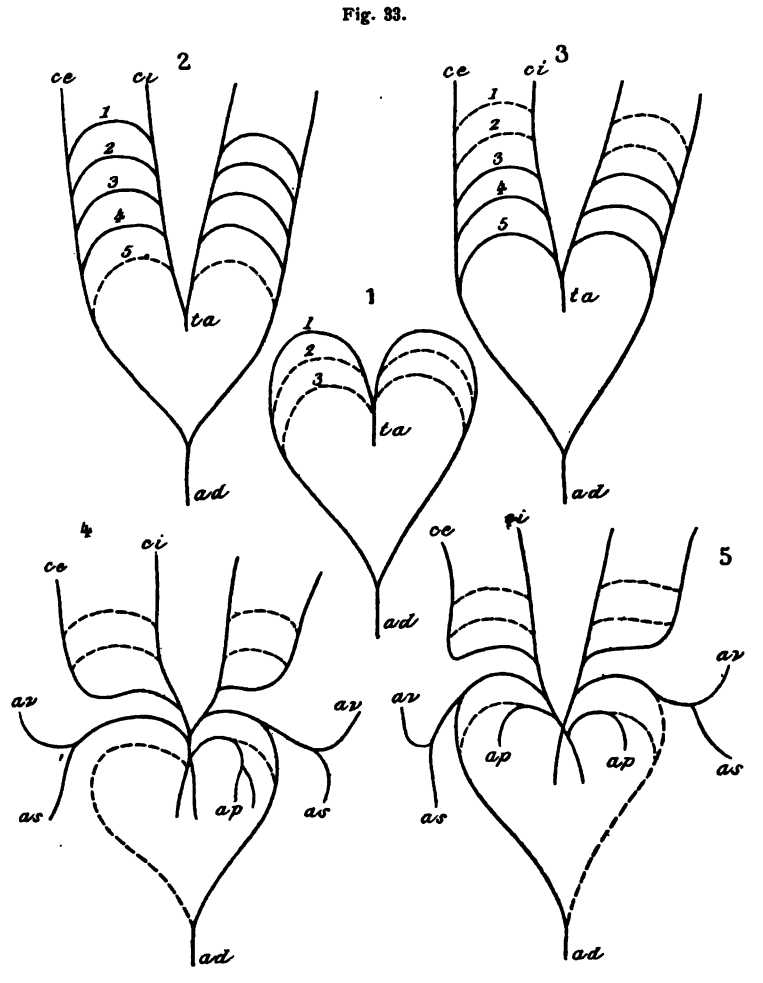


Fig. 33. — Schémas représentant la formation des principaux troncs artériels, d'après Rathke. — 1. Tronc artériel avec une seule paire d'arcs aortiques, la première, et l'indication de la seconde et de la troisième. — 2. Tronc artériel avec quatre paires d'arcs aortiques et l'indication de la cinquième. — 3. Tronc artériel avec trois paires d'arcs aortiques, les troisième, quatrième et cinquième; les première et deuxième paires sont oblitérées. — 4. Artères permanentes chez les mammifères et l'homme. — 5. Artères permanentes chez les oiseaux. — *ta*, tronc artériel. — *ad*, aorte dorsale. — *ce*, artère carotide externe. — *ci*, artère carotide interne. — *as*, artère sous-clavière. — *av*, artère vertébrale. — *ap*, artère pulmonaire. — 1, 2, 3, 4, 5, numéros d'ordre des paires d'arcs aortiques.

détache de la racine de l'aorte, et devient le point de départ de l'artère sous-clavière droite; tandis que l'artère sous-clavière gauche se produit comme une branche accessoire de la crosse aortique gauche.

Enfin, tandis que la crosse gauche de la cinquième paire persiste, la crosse droite s'oblitère complètement, ainsi que la racine droite de l'aorte descendante. La crosse gauche devient le point de départ d'une partie de l'artère pulmonaire, puis du canal artériel qui vient s'unir à la racine gauche de l'aorte descendante. On sait que le canal artériel s'oblitère à l'époque de la naissance. En même temps, le tronc artériel commun se partage en deux troncs qui se séparent l'un de l'autre, pour former l'aorte ascendante et le commencement de l'artère pulmonaire.

Chez les oiseaux, les faits se passent généralement de la même manière; seulement l'oblitération des artères de la quatrième paire se produit à droite, au lieu de se produire à gauche. La crosse de l'aorte et la racine unique de l'aorte descendante sont à droite et non à gauche. Il paraît aussi que, chez ces animaux, les deux crosses de la cinquième paire entrent dans la composition des artères pulmonaires droite et gauche; tandis que les canaux artériels qui, primitivement, seraient doubles, disparaîtraient de très bonne heure, des deux côtés[1].

Chez les reptiles, le nombre des vaisseaux artériels qui s'oblitère est beaucoup moindre. Les deux racines de l'aorte descendante persistent; en outre, les artères pulmonaires ne se séparent qu'imparfaitement des crosses aortiques, fait d'où provient le mélange du sang veineux et du sang artériel.

Le système veineux présente un fait analogue. Chez les reptiles, les oiseaux, et un certain nombre de mammifères, il existe deux veines caves supérieures, formées par le confluent des veines jugulaires, sous-clavières et azygos[2]. Cette disposition n'existe chez la plupart des mammifères que pendant une certaine époque de la vie

[1] J'ai reproduit, dans cet exposé, les idées de Rathke sur la disposition primitive et les modifications ultérieures du système artériel. Voir RATHKE, *Bemerkungen über die Aortenwurzeln und die von ihnen ausgehenden Arterien der Saurier*, dans les *Mém. de l'Ac. de Vienne*, t. XXII, 1857. Je dois faire remarquer que les observations de Rathke ne concordent pas exactement avec celles de Baer. Cela tient évidemment à la rapidité avec laquelle certains de ces vaisseaux s'oblitèrent, et, par conséquent, à l'impossibilité où l'on est de les étudier tous simultanément. Mais ces divergences qui portent uniquement sur des points de détail ne peuvent modifier en rien les idées que j'expose dans ce chapitre.

[2] La dénomination de veine *azygos* (impaire) est très inexacte; car cette veine est double au début; elle existe des deux côtés, pendant toute la vie, chez certains animaux qui conservent à l'âge adulte les deux veines caves supérieures,

embryonnaire. Plus tard la veine cave supérieure gauche disparaît, en partie, dans la région cardiaque, et vient se réunir à la veine cave supérieure droite, par le fait d'une anastomose préexistante.

Nous ne possédons pas actuellement de notions sur l'origine des vaisseaux lymphatiques. Mais l'existence de deux canaux thoraciques chez les oiseaux donne lieu de croire que ces deux canaux thoraciques existent aussi chez les mammifères au moins pendant l'état embryonnaire, et que le canal thoracique droit, d'abord aussi volumineux que le gauche, s'atrophie plus ou moins complètement avant la naissance.

Il y a, dans le reste du système vasculaire, des modifications analogues de la symétrie primitive. C'est ainsi qu'il existe au début deux artères omphalo-mésentériques dont une seule persiste, celle de gauche. Il en est de même pour les veines omphalo-mésentériques, et pour les veines allantoïdiennes ou ombilicales. Celles du côté droit disparaissent.

On voit que la disparition de la symétrie primitive de l'appareil vasculaire, qui résulte de l'oblitération de certains vaisseaux, tandis que les autres persistent, se produit de manières différentes suivant les classes. Mais ce fait peut être suivi beaucoup plus loin. Il peut présenter des différences, quoique beaucoup moins considérables, quand on examine des groupes subordonnés, comme les genres ou les espèces. C'est ainsi que chacun de ces groupes présente des caractères particuliers, mais d'une moindre valeur.

En dehors de ces faits qui appartiennent à l'ordre normal, il en est d'autres en très grand nombre qui appartiennent à l'ordre anormal. Telles sont les anomalies des vaisseaux, dans les individus d'une même espèce. On sait combien ces anomalies sont fréquentes dans l'espèce humaine. Elles existent très probablement aussi chez les animaux. Or, toutes ces anomalies s'expliquent de la manière la plus simple, par la permanence de vaisseaux qui s'oblitèrent, et par l'oblitération de vaisseaux qui persistent dans l'état normal[1].

et chez les autres, pendant toute la durée de la veine cave supérieure gauche. Par suite de l'atrophie de la région cardiaque de cette veine, la veine azygos du côté gauche s'unit par des anastomoses à la veine azygos du côté droit; elle devient alors la veine *hémiazygos*.

[1] Je citerai, par exemple, l'existence de la crosse de l'aorte à droite, et non à gauche. Cette anomalie, que l'on a rencontrée quelquefois dans l'espèce humaine, s'explique très simplement par la permanence de la crosse droite de la quatrième paire, et l'atrophie de la crosse gauche de cette même paire.



Ces anomalies vasculaires sont le plus ordinairement partielles. Mais, dans certains cas, au lieu d'atteindre certains vaisseaux isolés, elles peuvent en atteindre un nombre plus ou moins grand. On arrive ainsi peu à peu à l'hétérotaxie, c'est-à-dire à un état où tous les vaisseaux qui doivent s'oblitérer persistent, où tous ceux qui doivent persister s'oblitèrent.

Chez l'homme, par exemple, dans l'hétérotaxie complète, on observe la permanence des crosses aortiques droites de la quatrième et de la cinquième paires, et l'oblitération des crosses aortiques gauches de ces deux mêmes paires, ainsi que la permanence de la veine cave supérieure droite et la disparition partielle de la veine cave supérieure gauche. On conçoit d'ailleurs que ces faits ne soient pas liés ensemble d'une manière nécessaire, et que le passage de l'état normal à l'état inverse complet puisse se faire par une série de transitions, comme l'a indiqué Is. Geoffroy Saint-Hilaire[1]. Ce fait a peu d'importance en lui-même; mais il doit être mentionné parce que, dans les monstres doubles, lorsque l'un des sujets est inverse, ainsi que Serres l'a constaté, l'inversion, bien que générale, n'est pas toujours complète, et que certains organes peuvent conserver les conditions de l'état normal.

Chez les oiseaux, la disparition de la symétrie primitive est moindre que chez l'homme, puisque l'artère pulmonaire provient des deux crosses aortiques de la cinquième paire, et que les veines caves supérieures sont doubles. Les effets de l'inversion chez ces animaux seront donc moindres que chez l'homme. La disparition de la symétrie primitive est encore moins considérable chez la plupart des reptiles, puisque chez eux les deux racines de l'aorte descendante persistent pendant toute la vie, bien que ces deux racines diffèrent plus ou moins complètement l'une de l'autre par leur calibre, et aussi par les vaisseaux qu'elles émettent. L'inversion, lorsqu'elle existe, est donc extrêmement peu marquée[2].

[1] Is. Geoffroy Saint-Hilaire, *Traité de tératologie*, t. II, p. 18.

[2] Il faut faire cependant une exception pour les ophidiens. Dans cet ordre, les poumons se développent très inégalement, tellement que chez beaucoup d'entre eux, l'un des poumons est rudimentaire, ou même s'atrophie complètement. Cette inégalité de développement des poumons a pour effet de faire disparaître certains vaisseaux. D'après Rathke, l'artère pulmonaire n'existe chez eux que d'un seul côté, le côté droit; et, par conséquent, tandis que les deux crosses aortiques de la quatrième paire persistent, la crosse aortique gauche de la cinquième paire s'oblitère, et la crosse aortique droite de la même paire persiste seule. Cette inégalité du développement des poumons indique manifestement la possibilité d'une inversion. Mais nous ne possédons actuellement aucun fait qui en démontre l'existence.

La disparition de la symétrie primitive dans les organes impairs et médians se produit d'une autre manière.

L'appareil digestif en offre un remarquable exemple.

Cet appareil est formé à son origine par deux tubes, un tube antérieur, le pharynx, un tube postérieur, le rectum, séparés l'un de l'autre par une gouttière dont les deux parois sont parfaitement symétriques. Cette gouttière se ferme peu à peu par la réunion antérieure de ses deux parois, et finit par se transformer en un tube médian qui unit l'un à l'autre le tube pharyngien et le tube rectal.

Le tube ainsi constitué par la transformation de la gouttière intestinale primitive, s'allonge peu à peu, de telle sorte qu'il dépasse plusieurs fois la longueur du corps. Comme il ne peut s'étendre par ses deux extrémités, fixées d'une manière invariable à la partie antérieure et à la partie postérieure du corps, il doit nécessairement se plier et se contourner pour pouvoir se loger dans la cavité abdominale.

En même temps qu'il s'allonge, le tube digestif s'élargit, en un certain point de son parcours, pour former la cavité de l'estomac. Les observations de J. Müller nous ont appris que l'estomac occupe d'abord la ligne médiane, et qu'il se continue en droite ligne avec l'œsophage. La petite courbure est en avant; la grande courbure en arrière. Plus tard, par suite du développement inégal de sa paroi, l'estomac s'infléchit de telle façon qu'il vient se loger dans l'hypochondre gauche, que sa face gauche devient antérieure et sa face droite postérieure, que la petite courbure devient supérieure et la grande courbure inférieure, enfin que l'extrémité pylorique se tourne vers la droite. Ce changement de position de l'estomac détermine la position de l'intestin, de telle façon que le cœcum, qui, primitivement, était très près de la ligne médiane, vient peu à peu se placer dans la fosse iliaque droite[1].

Ces modifications du tube digestif entraînent des modifications consécutives de la rate, du foie et du pancréas.

La rate qui est attachée à la grande courbure de l'estomac, est entraînée par elle, et vient se placer, comme elle, dans l'hypochondre gauche.

Le foie est primitivement double, et les deux parties qui le constituent sont égales au début. A la suite du changement de position de

[1] J. Müller, *Ueber den Ursprung der Netze und ihr Verhältniss zum Peritonealsacke beim Menschen aus anatomischen Untersuchungen an Embryonen*, dans les *Archives de Meckel*, 1830, p. 395.



l'estomac, le lobe droit devient beaucoup plus volumineux que le lobe gauche. L'inégalité des deux lobes du foie est très probablement en rapport avec l'atrophie de l'artère omphalo-mésentérique gauche et des veines omphalo-mésentérique gauche et ombilicale gauche.

Il en est très probablement ainsi pour le pancréas. Baer l'a trouvé double à l'origine chez les embryons de poule, et il a constaté que l'un de ces deux organes s'atrophie naturellement. On n'a rien observé de semblable chez les mammifères; mais la dualité primitive y est probablement indiquée par l'existence de deux conduits pancréatiques.

A l'aide de ces faits, on peut très facilement se rendre compte de l'inversion du tube digestif et de ses annexes. Il suffit, pour que cela se produise, d'un très léger changement dans le développement de l'estomac. Que, par suite du développement inégal des parois de cet organe, la grande courbure se tourne à droite au lieu de se tourner à gauche; toutes les parties du tube digestif, ainsi que ses annexes, éprouveront des modifications consécutives qui auront pour résultat définitif de les placer dans une position inverse.

Ces faits peuvent se produire également chez les oiseaux. Mais ils y seront beaucoup moins marqués, par suite de la brièveté relative du tube digestif, et de l'égalité complète des deux lobes du foie. J'ai rencontré quelquefois l'inversion des viscères chez les embryons de poulets arrivés à un certain âge. Il y a un fait qui la rend bien manifeste, c'est l'inversion du gésier qui occupe le côté droit au lieu d'occuper le côté gauche[1].

Voilà où j'étais arrivé, en 1860, par des considérations purement théoriques déduites de l'embryogénie. Dans cette manière de voir, l'inversion des viscères n'était pas, à proprement parler, une transposition, comme certains tératologistes croyaient pouvoir l'admettre, mais seulement un développement inégal des organes placés des deux côtés du plan médian, ou des deux moitiés d'un organe placé primitivement sur ce plan. La plupart des faits constitutifs de l'inversion pouvait donc se rattacher à la loi générale de l'arrêt ou de l'excès de développement. Pour qu'il y eût inversion, il fallait seulement que l'inégalité de développement se produisît en sens inverse de ce qui a lieu

[1] L'inversion des viscères, chez les oiseaux, doit amener un fait remarquable : la position de l'ovaire et de l'oviducte dans la région droite et non dans la région gauche de l'abdomen. L'appareil génital femelle est, chez ces animaux, primitivement double, comme l'appareil génital mâle. Mais, dans l'état normal, la partie droite de cet appareil s'atrophie d'une manière plus ou moins complète. Dans l'inversion l'atrophie doit atteindre la partie gauche de l'appareil. L'ovaire et l'oviducte seront alors à droite, et non à gauche.



dans l'état normal. La genèse de cette anomalie qui avait paru, pendant longtemps, tout à fait incompréhensible, s'expliquait donc par des considérations très simples.

Toutefois un fait restait inexpliqué: l'état inverse du cœur. Rien, dans la science d'alors, ne pouvait me le faire comprendre. J'y suis arrivé par mes expériences qui m'ont permis, dans bien des cas, de constater le fait initial de l'inversion.

Chez tous les embryons des vertébrés allantoïdiens, la tête éprouve, à un certain moment, un changement remarquable dans sa forme et sa position. L'axe de la tête est primitivement dans la même direction que l'axe du corps. Plus tard, l'extrémité antérieure de la corde dorsale, qui correspond à la région céphalique, s'infléchit en avant, en formant un angle presque droit avec le reste de cet organe embryonnaire. L'axe de la tête s'infléchit alors sur l'axe du corps. En même temps, la tête qui, primitivement, était en rapport avec le jaune par sa face antérieure, se retourne de manière à lui faire face par son côté gauche. Ce changement de position de la tête entraîne peu à peu un changement de position du corps tout entier[1].

Il y a des cas où le retournement de la tête sur le jaune se fait en sens inverse, où, par conséquent, elle se met en rapport avec lui par le côté droit. Baer a observé, chez le poulet, deux faits de renversement de la tête à droite, et dans l'un de ces cas il y avait, dit-il, une inversion (*situs inversus*)[2].

J'ai souvent rencontré de pareils faits. Mais j'ai constaté de plus, ce que Baer n'avait pas fait, que le changement de position de la tête est l'effet et non la cause de l'inversion. Le fait primitif, initial, est une disposition particulière du cœur. Cet organe, lorsqu'il commence à remplir son rôle physiologique, se présente sous la forme d'un tube contractile, placé sur la ligne médiane, dans la chambre cardiaque. Par le fait du développement, le tube cardiaque s'allonge; et, comme il ne peut s'étendre ni en avant ni en arrière, il se recourbe en arc et vient faire saillie au côté droit de l'embryon, lorsque l'embryon

[1] J'ai cru pendant longtemps que l'inflexion de la corde dorsale, et, par suite, l'inflexion de la tête sur le tronc n'existait que chez les vertébrés allantoïdiens (voir p. 224). Or ce fait existe également, parmi les anallantoïdiens, chez les sélaciens. C'est ce qui résulte des observations de Balfour, *A monograph on the development of Elasmobranch Fishes*. Londres, 1878. Mais Balfour ne dit pas si cette inflexion de la tête s'accompagne du retournement de la tête sur le jaune. Cela d'ailleurs paraît probable.

[2] Baer, *Entwickelungsgeschichte der Thiere*, t. I, p. 51.



repose sur la face ventrale et qu'on l'observe par la face dorsale. Cette formation de l'anse cardiaque est le premier fait qui indique le commencement de la modification de la symétrie primitive : il se produit avant le retournement de la tête.

Or, j'ai constaté que, dans certains cas, l'anse cardiaque, au lieu de faire saillie au côté droit de l'embryon, vient au contraire faire saillie


Fig. 34.

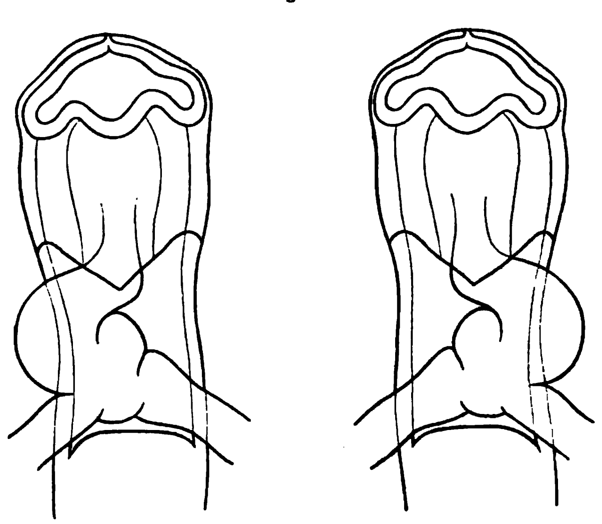


Fig. 34. — Deux têtes d'embryon, vues par la face inférieure. Dans la première, l'anse cardiaque *a* fait saillie à droite, c'est l'état inverse; dans la seconde, elle fait saillie à gauche, c'est l'état direct. Il faut ne pas oublier que lorsque, dans le texte, je parle de la gauche et de la droite de l'embryon, ces dénominations s'appliquent à l'embryon vu de dos, c'est-à-dire par la face supérieure.

à son côté gauche. Remak a figuré un fait de ce genre [1], le seul, dit-il, qu'il ait observé sur plusieurs centaines d'embryons. Mais Remak n'a pas vu la signification de ce fait. Or, c'est le point de départ de l'inversion, car c'est la sortie de l'anse cardiaque à la gauche de l'embryon qui détermine le retournement de la tête sur le jaune, en sens inverse de ce qui se passe dans l'évolution normale [2]. Ainsi, lorsque l'anse cardiaque sort à la droite de l'embryon, la tête se retourne en faisant face au jaune par le côté gauche; c'est l'état normal. Lorsque l'anse cardiaque sort à la gauche de l'embryon, la tête se retourne en

[1] Remak, *Untersuchungen über die Entwickelung der Wirbelthiere*, pl. III, fig. 19.

[2] Voir dans l'Atlas la fig. 5 de la pl. II. — Kœlliker, *Entwickelungsgeschichte der Menschen und der höheren Thiere*, a figuré un fait de ce genre dans un embryon de lapin, 2e édit., p. 251, fig. 173.

faisant face au jaune par le côté droit; c'est alors l'état inverse. Ce changement de la position du cœur entraîne le renversement de ses cavités, et, par suite, la disposition des vaisseaux qui en sortent ou y aboutissent, et aussi des changements analogues dans la disposition des autres organes.

En effet, le cœur est, à un certain moment, attaché à la paroi du tube digestif par un repli, le mésentère cardiaque supérieur[1]. Or, n'est-il pas possible d'admettre que le changement de position du cœur entraîne le changement de position de l'estomac? Je ne puis que poser la question; mais je suis convaincu que l'observation vérifiera cette hypothèse.

Quand on réfléchit à ces faits, on ne voit aucun motif pour que l'anse cardiaque vienne faire saillie à la droite plutôt qu'à la gauche de l'embryon. Cependant, le premier cas n'est qu'un fait exceptionnel; le second est la règle. Et cette règle s'applique non seulement au poulet, mais à tous les vertébrés allantoïdiens; peut-être même, parmi les anallantoïdiens, aux sélaciens[2]. Il y a là un fait très général, bien qu'il ne soit pas absolument nécessaire, comme le prouvent les exceptions résultant de l'état inverse. Nous n'en connaissons pas actuellement la signification. C'est une curieuse découverte à faire.

Je dois signaler ici une cause d'erreur. Lorsque la tête n'est pas retournée sur le jaune, la saillie de l'anse cardiaque au côté gauche indique nécessairement l'inversion. Mais le retournement de la tête sur le côté droit n'indique pas nécessairement l'inversion; car la tête, primitivement courbée sur le côté gauche, peut avoir changé de position, et entraîné avec elle le cœur qui alors est simplement retourné. J'ai observé ce fait assez fréquemment, beaucoup plus fréquemment que l'inversion elle-même qui est excessivement rare dans l'embryon de la poule, comme elle l'est d'ailleurs dans l'embryon humain. Je crois que ce changement de position de la tête, d'abord placée d'une manière normale, résulte de mouvements imprimés à l'œuf; il se produit fréquemment quand on détache le blastoderme pour l'observer au microscope[3].

[1] Voir p. 279.

[2] Voir p. 347.

[3] M. Lombardini, en soumettant à une rotation continue, à l'aide d'un mouvement d'horlogerie, des œufs mis en incubation dans une couveuse artificielle, a constaté parfois un retournement à droite de la tête et du corps, sans inversion. C'est ce qu'il appelle *falso rotamento.* (LOMBARDINI, *Forme organiche irregolare negli Uccelli e né Batrachidi*, p. 71.) Mais les œufs qu'il soumettait à cette rotation

Mais il est possible, même lorsque la tête s'est retournée sur le côté droit, de constater l'existence de l'inversion en examinant la disposition du cœur.

Dans l'évolution normale, lorsque l'anse cardiaque sort à la droite de l'embryon, la région auriculaire occupe la partie inférieure de l'anse; la région ventriculaire occupe la partie moyenne; la région bulbaire occupe la partie supérieure. Mais ce premier état n'est que transitoire. La région auriculaire remonte peu à peu, et vient se placer d'abord en arrière de la région ventriculaire, puis en arrière de la région bulbaire. Alors, quand on observe l'embryon par sa face

Fig. 35.

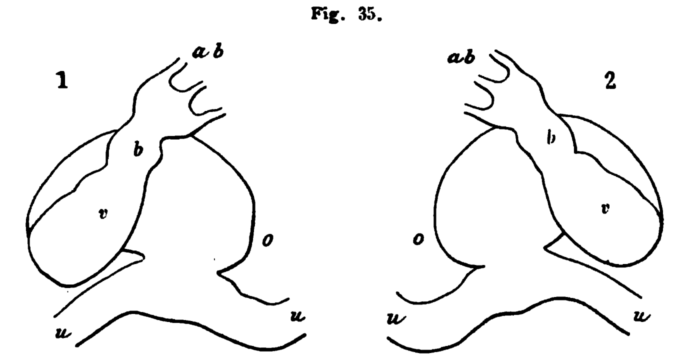


Fig. 35. — Deux cœurs d'embryon dans un état plus avancé que celui de la figure 00. L'oreillette est remontée en arrière et vient se placer derrière le bulbe en dessous du ventricule, dont la pointe commence à se former. — 1, état normal. — 2, état inverse. — *o*, oreillette. — *v*, ventricule. — *b*, bulbes. — *ab*, arcs aortiques qui pénètrent dans les arcs branchiaux — *u*, *u*, origine des veines omphalo-mésentériques.

supérieure, on voit le bulbe battre sur le premier plan, tandis que l'oreillette bat sur un plan inférieur, et, par conséquent, au-dessous du bulbe. Ces faits sont très faciles à voir pendant la vie, parce que l'on peut suivre le mouvement du sang dans les cavités du cœur, mouvement que l'on fait reparaître, quand il vient à s'arrêter, en réveillant la contractilité par l'emploi de l'eau chaude.

En partant de ces notions, il est facile de savoir, quand on voit l'anse cardiaque à la gauche de l'embryon, si le cœur est inverse ou s'il a suivi le mouvement de la tête. Il s'agit seulement de constater la position relative des différentes parties du cœur, constatation

avaient déjà 55 ou 60 heures de développement; ils avaient par conséquent dépassé l'époque où l'inversion se produit. Ces expériences n'ont donc aucune signification dans la question actuelle. Il faudrait les refaire, en soumettant les œufs au mouvement rotatoire dès le début de l'incubation.

qu'il est très facile de faire sur le vivant, par l'observation des battements du cœur. Dans l'inversion, le bulbe est dans un plan supérieur à celui de l'oreillette. Quand l'inversion n'existe pas, l'oreillette est dans un plan supérieur à celui du bulbe[1].

La sortie de l'anse cardiaque au côté gauche de la tête avec inversion s'accompagne d'une modification remarquable de l'aire vasculaire. La veine descendante est à gauche, et non à droite; la veine ascendante, à droite et non à gauche. De même, l'allantoïde sort à la gauche de l'embryon et non à droite. Il peut arriver cependant que cette sortie de l'allantoïde à gauche se produise sans inversion[2].

Quelle est la cause de la sortie de l'anse cardiaque, le plus souvent à la droite, mais exceptionnellement à la gauche de l'embryon? J'ai cru, à une certaine époque, pouvoir l'attribuer au développement inégal des deux blastèmes cardiaques. S'il en était ainsi, le blastème cardiaque droit serait généralement le plus volumineux. Les faits que j'ai recueillis ne me paraissent pas conformes à cette manière de voir; car j'ai vu assez fréquemment le blastème gauche plus volumineux que le droit. Toutefois je ne me crois pas en mesure de la rejeter complètement, car presque tous les faits de ce genre que j'ai observés provenaient d'embryons soumis à des causes tératogéniques et dont la tête était plus ou moins arrêtée dans son développement. Or, mes observations me donnent lieu de croire que l'inversion est relativement assez fréquente dans les monstruosités cyclopiques ou otocéphaliques, tandis qu'elle est exceptionnellement rare chez les embryons bien conformés d'ailleurs. La question doit donc être provisoirement ajournée.

J'ai constaté très rarement l'inversion des viscères, ou, du moins, l'inversion du cœur, lorsque l'aire vasculaire présentait sa forme normale, mais, assez fréquemment, lorsque l'aire vasculaire présentait une déformation elliptique d'une certaine nature, dans laquelle le plus grand développement du feuillet vasculaire se produisait à la gauche de l'embryon. Aussi j'ai cru à une certaine époque que cette relation était constante, et que l'inversion pourrait être produite à volonté, de même que les déformations elliptiques du blastoderme et de l'aire

[1] Voir la pl. VIII de l'Atlas, dans laquelle sont représentés divers cas d'inversion réelle et d'inversion apparente.

[2] L'étude du mode de formation de l'inversion splanchnique chez les oiseaux et les mammifères devrait être suivie de celle de l'inversion générale, telle qu'on l'observe chez les poissons de la famille des pleuronectes. On sait que ces animaux ne sont pas symétriques, et que, dans toutes les espèces de ce groupe, il existe

vasculaire[1]. J'ai donc fait, dans ce but, un très grand nombre d'expériences; mais si j'ai réussi, dans certains cas, à obtenir l'inversion, dans d'autres, j'ai complètement échoué. Toutefois ces faits se sont produits par séries, lorsque la température de l'air était très basse, car il faut rappeler ici que les déformations de l'aire vasculaire se produisent dans la couveuse à air libre, et aussi lorsque la température de l'appareil n'était pas très élevée. Mais j'ai fait ces expériences à une époque où je ne possédais pas de régulateurs de température, et je n'ai pu par conséquent déterminer les conditions physiques qui produisent ces faits tératologiques. Diverses circonstances m'ont empêché de reprendre ces expériences comme j'en avais le projet.

J'ai prouvé depuis longtemps que les déformations elliptiques du blastoderme proviennent de son échauffement inégal, le côté qui se développe le plus étant celui qui est le plus rapproché de la source de chaleur. Il me paraît donc très probable qu'il existe une relation entre l'échauffement plus considérable du côté gauche, et la production de l'hétérotaxie. Or cette hypothèse a été confirmée par les travaux de MM. Fol et Warynski qui ont, dans ces dernières années, produit artificiellement l'hétérotaxie, en échauffant inégalement, par une méthode toute différente[2], les deux moitiés de l'embryon.

des individus *contournés* qui représentent très exactement l'image des individus normaux reflétée dans un miroir. N'ayant point d'observations personnelles sur cette question, je ne la traiterai point ici. Je me contenterai seulement de faire remarquer que Van Beneden en 1853 a reconnu que cette asymétrie a été précédée par une symétrie parfaite dans la première période de la vie embryonnaire, et que Steenstrup en 1864 a donné des détails très intéressants sur la disparition de la symétrie primitive et particulièrement sur la migration de l'un des yeux qui quitte sa position originelle pour venir se placer sur le côté de la tête opposé à celui où il était primitivement. L'inversion générale des pleuronectes se produit donc de la même façon que l'inversion splanchnique des vertébrés supérieurs.

Je pense que c'est aussi par la disparition d'une symétrie primitive que l'on doit expliquer l'inversion générale chez les mollusques gastéropodes. Là, comme pour les pleuronectes, je ne puis invoquer mes études personnelles. Mais, indépendamment des lois générales de l'organisation qui doivent se retrouver dans toutes les classes, je puis invoquer le témoignage de M. Fol qui attribue l'inversion générale de ces animaux à la disparition, très précoce il est vrai, d'une symétrie primitive. Voir ses mémoires *Sur le développement des Hétéropodes*, et *Sur le développement des Gastéropodes pulmonés*, dans les *Archives de zoologie expérimentale*, 1re série, t. VI et VIII.

[1] Voir le chap. III, § 4 de la 1re partie, et le chap. II, § 3 de la 3e partie.

[2] Fol et Warynski, *Recherches expérimentales sur la cause de quelques monstruosités simples et de divers processus embryogéniques*, dans le *Recueil zoologique suisse*, 1883, t. I, p. 20. — Warynski, *Sur la production artificielle des monstres à cœur double chez le poulet*. Genève, 1886, p. 29.

Voici comment ces deux embryogénistes procèdent. Ils enlèvent une petite calotte de la coquille, et soumettent le côté gauche de l'embryon à l'action d'un thermocautère, placé à une certaine distance. Puis ils recollent la partie enlevée, et remettent l'œuf en incubation. Quand ils font cette opération sur des embryons couvés pendant 24 heures, ils obtiennent le retournement de la tête sur le côté droit, avec inversion du cœur; quand ils la font sur des embryons de 48 heures d'incubation, ils obtiennent le même retournement de la tête, mais sans inversion[1].

Il y a évidemment une grande concordance entre les observations de ces deux savants et les miennes. J'avais vu la sortie de l'anse cardiaque à la gauche de l'embryon, et le retournement de la tête sur le côté droit qui en est la suite, se produire du côté de la source de chaleur. MM. Fol et Warynski ont vu également l'échauffement plus considérable du côté gauche déterminer le retournement de la tête sur le côté droit, et parfois aussi l'inversion du cœur, quand l'emploi du thermocautère se fait de bonne heure.

Toutefois ces deux savants n'admettent pas que l'inflexion de l'anse cardiaque à la gauche de l'embryon, soit le fait initial de l'inversion. A cela je n'ai qu'une réponse à faire, c'est que j'ai constaté le fait plusieurs fois, lorsque la tête ne s'était pas encore retournée. Ils m'objectent que, dans certains cas de dualité du cœur, la tête peut se retourner. Mais, alors, le sens du retournement de la tête est déterminé par celui des deux cœurs dont le volume est le plus grand[2]. Or e suppose que, lorsque le cœur est unique, la moitié qui est plus voisine de la source de chaleur se développe plus que l'autre; que, lorsque cet organe est double, le cœur qui reçoit le plus directement l'action de la chaleur se développe plus que son congénère.

L'étude des monstres doubles, à double poitrine et à têtes distinctes,

[1] Je n'ai pu, ni par la lecture des mémoires de ces savants, ni par l'examen des figures qu'ils donnent, savoir à quel signe ils reconnaissent l'existence ou l'absence de l'inversion du cœur. Mais je pense qu'ils la constatent par l'observation des faits que j'ai vus moi-même, c'est-à-dire par la position respective de la région auriculaire et de la région bulbaire du cœur.

[2] Cela se voit très bien dans un embryon à deux cœurs figuré par Panum (*Untersuchungen*, etc., pl. IV, fig. 1 et 2). Cet embryon est retourné d'une manière normale, la tête couchée sur le côté gauche. Le cœur droit qui dans ma manière de voir a entraîné le retournement de la tête est plus volumineux que le cœur gauche. Dans un fait de ce genre, figuré par M. Warynski (*loc. cit.*, pl. XVI, fig. 1), la tête est retournée sur le côté droit; le cœur gauche est plus volumineux que le cœur droit.

conduit d'ailleurs au même résultat. Dans ces monstres, c'est évidemment l'inversion du cœur qui détermine le retournement, en sens inverse, de la tête, puis du corps de l'embryon. On verra plus tard, dans un fait figuré par Allen Thomson, que le cœur, devenu unique par la fusion de deux anses cardiaques, a déterminé le retournement, en sens inverse, de la tête de l'embryon situé à droite.

MM. Fol et Warynski qui ne voient pas dans la sortie de l'anse cardiaque à la gauche de l'embryon le point de départ de l'hétérotaxie, interprètent les faits de la manière suivante. Il y aurait, par suite de l'action du thermocautère, atrophie du flanc gauche, et, par conséquent, développement plus considérable du flanc droit. Ce serait cette inégalité de développement des deux moitiés du corps qui produirait le retournement de la tête. Mais cette inégalité de développement n'est en aucune façon prouvée. J'ai vainement cherché, dans les mémoires de ces deux savants, un fait quelconque à l'appui de cette thèse. Voici comment s'exprime M. Warynski au sujet de ce prétendu arrêt de développement du côté gauche : « Cette atrophie peut être si minime *qu'elle échappe à l'investigation*... L'atrophie du flanc gauche est suivie constamment d'hétérotaxie, mais *l'examen microscopique ne révèle point de modification appréciable de ce flanc*[1]. » Mais il y a plus, MM. Fol et Warynski ont figuré un embryon qui ne présentait pas, il est vrai, d'inversion, mais dont la tête était retournée sur le côté droit. Or, contrairement à leur théorie, le côté droit était, d'une manière bien évidente, beaucoup moins développé que le côté gauche[2].

Je ferai d'ailleurs observer, que, dans l'espèce humaine, la moitié droite du corps présente généralement une prédominance marquée sur la moitié gauche, prédominance qui se manifeste, pour tout le monde, par la supériorité de la main droite sur la main gauche. Or, je me suis demandé depuis longtemps si l'inégalité d'action des deux mains, au lieu d'être une particularité acquise comme le soutiennent diverses personnes, ne serait pas un fait congénital, et dont l'origine tiendrait précisément au changement d'attitude de l'embryon dans l'œuf. Je pense que les deux moitiés du corps sont primitivement égales; mais qu'à la suite du retournement de la tête puis du corps, sur le jaune, la moitié droite que, dans l'état normal, rien ne gêne dans son développement, se développe en toute liberté; tandis que la moitié gauche se comprime plus ou moins contre l'amnios sur lequel elle repose. Dans

[1] WARYNSKI, *loc. cit.*, p. 31.
[2] FOL et WARYNSKI, *loc. cit.*, p. 22, fig. 4.

ces conditions, les deux moitiés du corps se développeraient d'une manière inégale, mais contraire à celle qu'ont indiquée MM. Fol et Warynski. Dans le retournement de la tête sur le côté droit, les faits se présenteraient en sens inverse. Le côté droit serait moins développé que le côté gauche, et la main gauche serait supérieure à la main droite. Ce serait l'origine des *gauchers;* tandis que les *droitiers* se seraient retournés sur le vitellus d'une manière normale[1].

Ces considérations, je le reconnais, sont entièrement hypothétiques. Mais il y a un moyen d'en confirmer l'exactitude. Si l'hypothèse est vraie, les personnes affectées d'hétérotaxie devraient être *gauchères*. Comme il est possible de faire le diagnostic de cette anomalie pendant la vie, il serait très facile de savoir s'il existe, comme je le suppose, une relation entre elle et la supériorité de la main gauche. Malheureusement l'hétérotaxie est extrêmement rare. Je ne puis donc que soumettre la question aux médecins qui auraient l'heureuse chance d'observer, pendant la vie, des personnes affectées d'une transposition complète des viscères. La vérification de cette hypothèse, si elle se produit, viendrait confirmer ma manière de voir sur l'origine de cette anomalie.

[1] J'ai soumis cette hypothèse en 1885 à la Société d'anthropologie. Voir le *Bulletin* de cette Société, 3ᵉ série, t. VIII, p. 415.



CHAPITRE V[1].

MODE DE FORMATION DES MONSTRES SIMPLES AUTOSITES

SOMMAIRE : 1° Considérations générales. — 2° Omphalocéphalie. — 3° Otocéphalie. — 4° Cyclocéphalie ou Cyclopie. — 5° Anencéphalie. — 6° Pseudencéphalie. — 7° Exencéphalie. — 8° Célosomie. — 9° Ectromélie. — 10° Symélie.

§ 1.

J'ai signalé ce fait curieux que la série des familles des monstres simples, telle qu'elle a été établie par Is. Geoffroy Saint-Hilaire, reproduit très exactement, quand on la prend en sens inverse, l'ordre d'apparition des monstruosités simples dans l'évolution embryonnaire[2]. Je devrais donc suivre exactement cet ordre dans l'exposition de mes études tératogéniques. Mais la formation de celles de ces monstruosités dont l'apparition est la plus précoce, les monstruosités omphalositiques, se lie, comme je l'ai déjà indiqué[3], à une condition physiologique particulière, la gémellité, qui est aussi le point de départ de la monstruosité double. L'étude des monstres simples omphalosites, pour être bien comprise, doit donc venir après celle de la gémellité. Je l'ajourne donc, et je ne m'occuperai, pour le moment, que des monstres simples autosites, en suivant, dans l'exposition du mode de production de leurs différentes familles, l'ordre synthétique, c'est-à-dire l'ordre même dans lequel ces monstruosités apparaissent dans l'embryon[3].

[1] Ici devrait venir un chapitre sur le mode de production des hermaphrodismes. Mais, chez les oiseaux, dont les organes reproducteurs sont d'une extrême simplicité, la plupart des anomalies décrites sous le nom d'*hermaphrodismes* ne peuvent pas se produire. Mes recherches expérimentales ne m'ont donc rien appris sur leur origine.

Les différents types de l'hermaphrodisme, décrits chez les mammifères et chez l'homme, s'expliquent d'ailleurs très facilement par les notions que possède actuellement l'embryogénie comparée. Voir, à ce sujet, la note D à la fin de la troisième partie.

[2] Voir pages 233 et suiv.

[3] Voir page 232.

Toutes ces monstruosités, quelque diverses qu'elles soient, se produisent cependant par le même procédé, l'arrêt de développement. Mais cet arrêt de développement, au moins dans un très grand nombre de cas, n'atteint pas d'abord l'embryon lui-même, tandis qu'il atteint l'amnios. J'ai montré que les arrêts de développement de cette poche membraneuse sont très fréquents et très divers, et que ses différentes parties peuvent alors modifier certaines régions de l'embryon, en les comprimant directement[1].

Les arrêts de développement de l'amnios peuvent également produire des faits tératologiques d'une manière indirecte. L'absence totale ou partielle de cette enveloppe membraneuse met l'embryon totalement ou partiellement en contact avec la membrane vitelline, ou avec la coquille, lorsque cette membrane s'est déchirée. Alors l'embryon peut se comprimer contre la coquille, et éprouver des modifications tératologiques tout à fait comparables à celles que l'amnios produit directement. Évidemment cette cause tératogénique ne peut s'exercer que sur des embryons contenus dans des œufs à coquille rigide, comme ceux des oiseaux, et non sur ceux qui n'ont pour enveloppe que des membranes minces et plus ou moins flexibles[2].

Toutefois, en m'exprimant ainsi sur l'action directe et indirecte des arrêts de développement de l'amnios, je suis très éloigné d'admettre que toutes les monstruosités simples aient une pareille origine, et je ne puis comprendre comment certains embryogénistes m'attribuent cette opinion. Les monstres omphalosites, dont l'apparition est très précoce, se produisent avant la formation de l'amnios, et ne peuvent, que dans une mesure très restreinte, éprouver les effets de l'arrêt de développement de cette membrane. Il peut en être de même pour les monstres autosites, lorsque l'anomalie ne consiste ni dans une déviation, ni dans une soudure, mais dans un simple arrêt de développement. On ne voit pas théoriquement de raison pour admettre qu'une cause tératogénique, capable de produire un arrêt de développement de l'amnios, ne pourrait également produire un arrêt de développement de l'embryon lui-même.

[1] Voir pages 195 et 313.

[2] Telle est probablement la cause qui fait que l'omphalocéphalie n'a jamais été rencontrée chez l'homme et chez les mammifères, bien que, chez eux, les monstres atteignent toujours l'époque de la naissance, et, par suite, échappent rarement aux observations. Elle est, au contraire, extrêmement fréquente chez les monstres ornithologiques produits artificiellement. Voir le § 2 du présent chapitre.

Dans l'état actuel de mes recherches, il m'est absolument impossible d'énumérer exactement les cas dans lesquels l'arrêt de développement de l'amnios a produit directement ou indirectement des monstruosités. Mais je suis convaincu qu'en accumulant les observations, on arrivera à faire la lumière sur celles de ces questions qui sont encore obscures.

Comme je l'ai déjà dit[1], l'étendue plus ou moins grande de la pression exercée par l'amnios arrêté dans son développement, rend compte d'un fait tératologique très fréquent et souvent signalé, la coexistence de monstruosités distinctes sur un même sujet, sans qu'il soit nécessaire d'invoquer le principe de la corrélation des organes.

Assurément, la corrélation des organes joue un rôle considérable dans la production des monstruosités simples. Toute monstruosité consiste dans la réunion d'un certain nombre d'anomalies simples ou d'hémitéries, qui ne peuvent coexister qu'à la condition de former une combinaison harmonique[2]. Mais ce qui est vrai de cette combinaison de plusieurs hémitéries ne l'est pas de l'association de plusieurs monstruosités sur un même sujet. Cette association est fréquente, mais elle n'est pas nécessaire. Elle dépend uniquement de l'unité de la cause tératologique, de l'étendue et de l'intensité plus ou moins grandes de son action[3].

§ 2.

L'omphalocéphalie est, de toutes les monstruosités autositiques, celle dont l'apparition dans l'embryon est la plus précoce.

La production des monstres omphalocéphales est le fait le plus curieux, et assurément le plus inattendu, qui résulte de mes études tératogéniques. Le type tératologique qu'il présente est un type entièrement nouveau, et qui n'a pas encore été signalé chez les mammifères

[1] Voir page 315.

[2] Telle est, par exemple, la fusion des deux fossettes olfactives en une seule, et l'arrêt de développement de cette fossette olfactive unique, anomalie nécessairement associée à la cyclopie complète.

[3] A l'époque déjà ancienne, où j'ai signalé ces faits, je croyais à l'existence de monstruosités incompatibles sur le même sujet. (Dareste, *Sur les conditions de la vie et de la mort chez les monstres ectroméliens, célosomiens et exencéphaliens produits artificiellement dans l'espèce de la poule*; dans les *Ann. des sc. nat.*, 4e série, Zoologie, t. XX, p. 59, 1863.) J'ai reconnu, depuis longtemps, que presque toutes les monstruosités peuvent coexister, et qu'il n'y a de monstruosités incompatibles que celles qui affectent les mêmes organes. Telles sont la triocéphalie et la cyclopie ; telles sont également l'anencéphalie, la pseudencéphalie et l'exencéphalie.

et chez l'homme, tandis que je l'ai produit avec une fréquence relativement grande chez les oiseaux[1].

Ce type est l'un des plus étranges que l'on puisse imaginer. Chez ces monstres, la tête semble sortir par l'ouverture ombilicale, et le cœur, tantôt simple et tantôt double, se voit à nu sur la nuque ou la région dorsale de l'embryon, exactement, qu'on me passe cette comparaison, comme la hotte sur le dos d'un portefaix[2].

J'ai rencontré les omphalocéphales dès le début de mes études tératogéniques, en 1861. Mais, à cette époque, j'ai complètement méconnu leur nature. J'ai cru d'abord qu'ils se rattachaient à la famille des monstres paracéphaliens et au type des hémiacéphales d'Is. Geoffroy Saint-Hilaire. C'est sous cette dénomination que je les ai fait connaître dans mes premières publications. Toutefois, l'existence du cœur, unique ou double, laissait un doute dans mon esprit; car les monstres paracéphaliens sont privés de cet organe. Mais les notions d'embryogénie que l'on possédait à cette époque étaient trop incomplètes pour me permettre de comprendre la genèse de cette monstruosité. La découverte que j'ai faite, en 1866, du mode de formation du cœur par deux blastèmes cellulaires primitivement séparés, et de celui du segment antérieur du mésoderme qui s'y lie nécessairement, m'a fourni les éléments nécessaires pour répondre à cette question. J'ai fait connaître plus haut ce point important d'embryogénie[3]. Il me reste à montrer comment il donne l'explication complète du mode de formation de l'omphalocéphalie, mode de formation que j'ai pu d'ailleurs vérifier par de très nombreuses observations.

Le bord antérieur du mésoderme est d'abord rectiligne; il présente seulement à son milieu une petite éminence, l'extrémité céphalique.

Dans l'évolution normale, l'extrémité céphalique continue à se développer en suivant la direction de l'axe même de l'embryon. Ce n'est que beaucoup plus tard qu'elle s'infléchit à angle droit sur cet axe, inflexion bientôt suivie de son retournement qui la met en contact avec le jaune par son côté gauche[4]. Au contraire, dans l'omphalocéphalie, l'extrémité céphalique s'infléchit de très bonne heure et cette inflexion peut être assez considérable pour qu'elle s'étende d'avant en

[1] Voir la note 2 de la page 357. La célosomie est la seule monstruosité que j'aie produite plus fréquemment que l'omphalocéphalie.

[2] Voir dans l'Atlas la pl. X.

[3] Voir les §§ 2 et 3 du chap. I de la 3e partie.

[4] Voir page 347.

arrière dans la gouttière abdominale[1]. Ainsi repliée, la tête est frappée d'arrêt de développement. Tantôt elle constitue un petit appendice amorphe; tantôt elle présente une extrémité dilatée avec les rudiments des yeux, rudiments tantôt séparés, et tantôt réunis comme dans la cyclopie. J'ai rencontré, une seule fois, la tête presque entièrement développée et présentant en apparence sa conformation normale; mais c'était au début de mes recherches, et je ne l'ai pas étudiée complètement.

D'où provient cette inflexion de la tête? Il est très probable qu'elle résulte d'un action mécanique, d'une pression. Mais, jusqu'à présent, mes expériences ne m'ont rien appris sur ce sujet[2]. Or, M. Warynski a réussi, dans ces dernières années, à produire mécaniquement l'omphalocéphalie. Ayant enlevé une petite calotte de la coquille au-dessus de l'embryon, il comprimait directement l'extrémité céphalique à l'aide d'un scalpel à tranchant émoussé, recollait la calotte de la coquille, et remettait l'œuf en incubation. Dans ces conditions, l'embryon continuait à se développer et devenait omphalocéphale. Partant de ces expériences, M. Warynski admettait que l'omphalocéphalie, lorsqu'elle se produit dans un œuf qui n'a pas été ouvert, résulte de la compression contre la coquille de l'extrémité céphalique qui fait saillie sur le blastoderme. Cette explication paraît plausible; si elle était confirmée,

[1] J'ai rencontré, très rarement, des cas d'omphalocéphalie dans lesquels la tête n'était point infléchie, mais seulement refoulée d'avant en arrière. Ce refoulement de la tête avait le même résultat que son abaissement, car il empêchait la réunion des deux blastèmes cardiaques sur la ligne médiane.

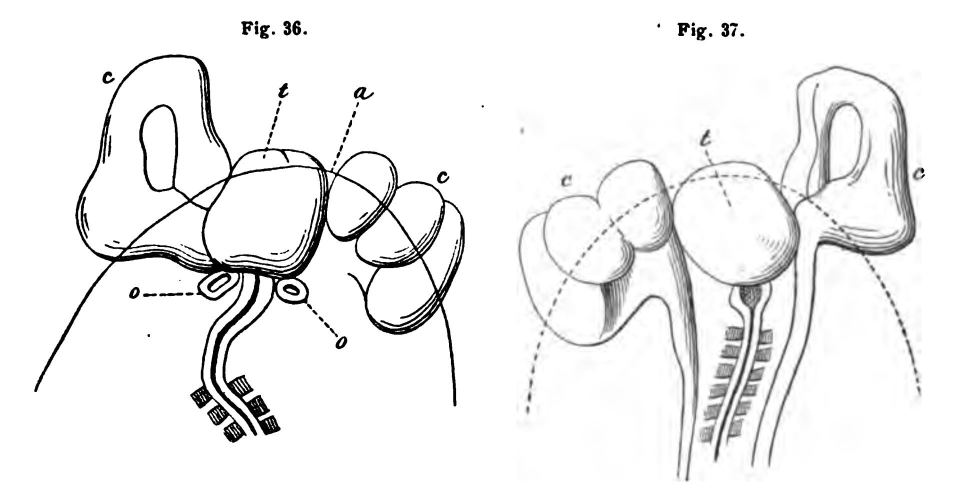
[2] Je ne puis comprendre comment MM. Fol et Warynski m'attribuent l'opinion que l'amnios serait la cause de la pression exercée sur la tête dans l'omphalocéphalie. (Fol et Warynski, *loc. cit.*, p. 16.) J'ai dit nettement (1re édition, p. 245), que je ne connaissais pas les rapports de l'embryon avec l'amnios chez ces monstres : « L'existence de cette monstruosité soulève plusieurs questions physiologiques que je n'ai point encore complètement résolues et que je ne puis, par conséquent, qu'indiquer. *Telles sont, par exemple, les relations de l'amnios avec les différentes parties de l'embryon.* » Il est d'ailleurs bien évident que l'inflexion de la tête est très précoce, et qu'elle se produit avant la première apparition de l'amnios sous la forme du pli céphalique en avant de la tête. Les observations que j'ai faites sur ce point, depuis la publication de la première édition, m'ont appris que l'amnios n'exerce aucune influence sur la production de l'omphalocéphalie. — Pendant que ce paragraphe était à l'impression, j'ai appris que M. Warynski est mort à Genève, il y a deux ans, après une longue maladie. Je dois exprimer publiquement les vifs regrets que me cause cette mort prématurée. M. Warynski était un des rares embryogénistes qui m'aient suivi dans la voie de la tératogénie expérimentale. On a pu voir que nous n'étions pas toujours d'accord. Mais les luttes scientifiques ne peuvent, en aucune façon, amoindrir les sentiments d'estime que nous éprouvons pour de loyaux adversaires.



elle rendrait très probablement compte de l'absence de l'omphalocéphalie chez les mammifères et chez l'homme, car chez eux les membranes de l'œuf, molles et peu résistantes, ne pourraient exercer sur l'embryon une compression suffisamment forte pour amener l'inflexion de la tête.

L'inflexion de la tête a pour résultat de modifier, dans une proportion notable, la formation du segment antérieur du mésoderme. Ce segment résulte de la coalescence, sur la ligne médiane, des deux prolongements du bord antérieur des lames mésodermiques latérales, prolongements qui vont à la rencontre l'un de l'autre et s'unissent en avant et au-dessous de la tête. Lorsqu'elle s'infléchit sur le tronc, elle s'interpose entre ces deux prolongements, et les maintient écartés, au moins dans leur région inférieure.

Fig. 36. Fig. 37.



Figures dessinées d'après nature et représentant la formation de l'omphalocéphalie. — 36 et 37. Omphalocéphalie incomplète ; les lames antérieures du feuillet vasculaire ne sont pas réunies. — 36. Face supérieure. — 37. Face inférieure. *a*, bord du capuchon céphalique. *c,c*, cœurs distincts et très inégaux. *o,o*, vésicules auditives. *t*, tête recourbée dans la gouttière abdominale.

Cet écart peut durer indéfiniment. Mais il est des cas où les prolongements antérieurs des lames latérales viennent se réunir, dans une étendue plus ou moins grande, au-dessus de la tête infléchie, et non au-dessous d'elle, comme cela se produit dans l'évolution normale. De ce changement de position, résulte le changement de position du cœur, et souvent aussi la permanence de sa dualité primitive.

En effet, dans l'omphalocéphalie, les deux blastèmes cardiaques

primitifs se produisent des deux côtés de la tête, aux points de jonction de la partie antérieure des lames latérales du mésoderme avec sa partie axile[1].

Or si les prolongements antérieurs des lames latérales restent complètement isolés par suite de l'interposition de la tête, ou du moins ne s'unissent que par leur extrémité, les deux blastèmes cardiaques, ne pouvant pas se souder parce qu'ils ne sont pas en contact, se déve-

Fig. 38. Fig. 39.

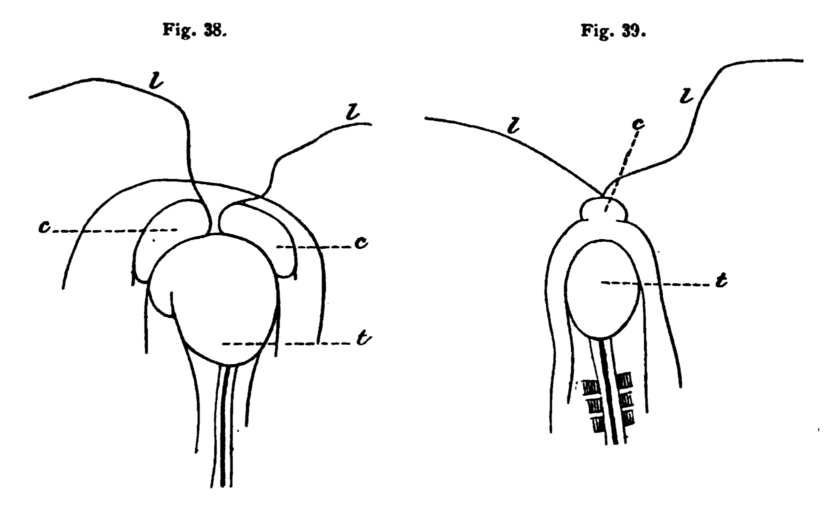


Fig. 38. — Omphalocéphalie presque complète. *t*, tête engagée dans la gouttière abdominale au-dessous des deux blastèmes cardiaques. *c,c*, encore séparés comme les prolongements antérieurs des lames latérales du mésoderme à la base desquels on les aperçoit.
Fig. 39. — Omphalocéphalie complète. *t*, tête engagée dans la gouttière abdominale au-dessous des deux blastèmes cardiaques. *c,c*, juxtaposés et très visibles au point de jonction des deux prolongements des lames antérieures du mésoderme.

loppent isolément et donnent naissance à deux cœurs distincts. Suivant le degré d'écartement de ces deux prolongements, les deux cœurs sont placés, tantôt des deux côtés de la tête et tantôt au-dessus d'elle. D'ailleurs ces deux cœurs se développent aussi complè-

[1] Dans l'évolution normale du poulet, les blastèmes cardiaques, dès leur origine, se voient dans la chambre cardiaque. Au contraire, dans le lapin, d'après les observations de Kölliker, les blastèmes cardiaques se développent en dehors de cette chambre, à la place que je viens d'indiquer, et existent déjà, des deux côtés, sous la forme de tubes, avant de venir se conjoindre sur la ligne médiane. (*Entwickelungsgeschichte der Menschen und der höheren Thiere*, p. 246, fig. 167 et 168.) Cette observation de Kölliker sur l'embryon du lapin, et celles que j'ai faites sur les omphalocéphales donnent lieu de penser que, dans l'état normal, les blastèmes cardiaques existent chez le poulet, au moins virtuellement, en dehors de la chambre cardiaque, et qu'ils viennent se développer dans cette chambre lors de la pénétration des prolongements des lames latérales dans cette cavité.

tement que le cœur unique de l'embryon normal; ils ont, l'un et l'autre, les trois chambres qui le constituent : oreillette, ventricule et bulbe. Le plus ordinairement ils sont situés parallèlement à l'axe du corps, et placés, au début, comme le tube cardiaque primitif : l'oreillette inférieurement, le bulbe supérieurement. Mais, parfois aussi, ils sont plus ou moins obliques sur l'axe de la tête. Ces positions se produisent lorsque les prolongements antérieurs des lames cardiaques s'étendent

Fig. 40.

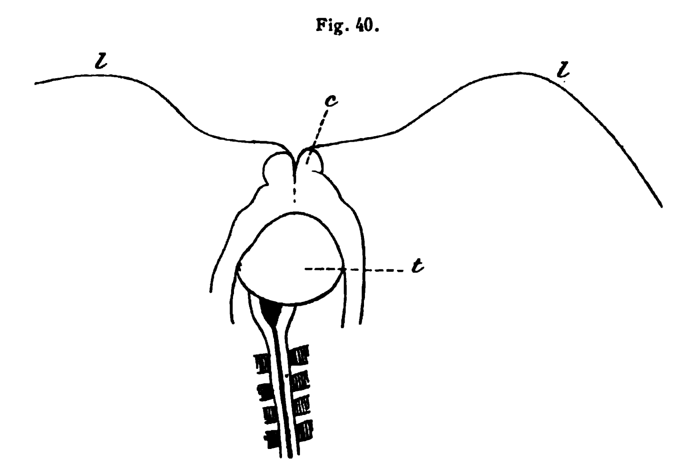


Fig. 40. — Omphalocéphalie complète. *t*, tête engagée dans la gouttière abdominale au-dessous d'un cœur unique. *c*, situé dans l'angle rentrant formé par les deux bords des prolongements des lames antérieures du mésoderme vasculaire..

au-dessus de la tête, mais sans s'y réunir, au moins dans les parties où se développent les cœurs.

Les deux cœurs, ainsi produits, sont plus ou moins indépendants l'un de l'autre. Dans certains cas, leur indépendance est prouvée par le défaut d'isochronisme de leurs battements. J'ai vu, chez un omphalocéphale, l'un des cœurs exécuter deux battements pendant le temps où l'autre n'en exécutait qu'un.

Mais il arrive assez fréquemment que, malgré l'interposition de la tête, les deux prolongements antérieurs des lames latérales s'unissent l'un à l'autre dans la région où se produisent les blastèmes cardiaques. Alors ces blastèmes s'unissent pour former un cœur unique situé au dessus de la tête[1].

[1] D'après M. Warynski, le cœur unique se produirait avant l'inflexion de la tête. Il admet que la soudure des blastèmes cardiaques se produit d'avant en arrière, et que la tête pénètre dans la cavité du jaune en passant entre les deux parties

Ce cœur se présente généralement sous la forme d'une anse. La région auriculaire est inférieure, et se continue avec les veines omphalo-mésentériques qui pénètrent dans la région des splanchnopleures, des deux côtés de la tête. La région ventriculaire est supérieure. La région bulbaire s'infléchit de nouveau, et se rapproche ainsi de la région auriculaire; puis elle donne naissance aux racines de l'aorte qui occupent leur position ordinaire au-dessous des proto-vertèbres.

Voilà l'explication de l'omphalocéphalie telle que je l'ai donnée en 1887[1], explication qui résultait de la comparaison d'un nombre très considérable de cas, et qui était fondée sur la découverte de la dualité primitive du cœur. Elle a été confirmée par M. Warynski qui a produit, comme on l'a vu, cette monstruosité en comprimant directement la tête[2].

Mais, bien qu'absolument vraie, cette explication était incomplète. Dans l'évolution normale du poulet, le cœur apparaît, dès son début, dans la chambre cardiaque. Comment se fait-il que, dans l'omphalocéphalie, il soit en dehors de cette cavité[3]? J'ai donc cherché, dans les omphalocéphales résultant de mes expériences, la chambre cardiaque et le pharynx dans les parois duquel elle se produit. Mais, après de longues recherches, j'ai fini par reconnaître que, chez ces monstres, le pharynx n'existe pas, ou du moins qu'il n'existe qu'à l'état rudimentaire, et que, par conséquent, la chambre cardiaque ne se produit point[4].

Voici comment les choses se passent.

L'extrémité céphalique de l'embryon, production du bord antérieur du mésoderme, est recouverte, supérieurement et inférieurement, par

inférieures, non soudées, de ces blastèmes. Or c'est précisément le contraire que j'ai rencontré dans mes observations. La soudure des blastèmes se fait d'arrière en avant et non d'avant en arrière; d'ailleurs elle ne se produit que postérieurement à l'inflexion de la tête.

[1] DARESTE, *Sur un nouveau type de monstruosité simple, l'omphalocéphalie ou hernie ombilicale de la tête;* dans les *Comptes rendus*, t. LXXXIV, p. 1075. 1877. — Voir aussi la première édition de ce livre, p. 242.

[2] WARYNSKI, *loc. cit.*

[3] Pour éviter toute équivoque, je dois rappeler que j'ai, dans cette seconde édition, désigné, sous le nom de chambre cardiaque, la cavité produite par l'écartement des deux lames ectodermique et entodermique qui forment, à l'origine, la paroi antérieure du pharynx. (Voir pages 269 et suiv.)

[4] DARESTE, *Nouvelles recherches sur le mode de formation des monstres omphalocéphales, et sur la dualité primitive du cœur dans les embryons de l'embranchement des vertébrés;* dans les *Comptes rendus*, t. CX, p. 1142. 1890.



l'ectoderme et l'entoderme qui se prolongent, en avant d'elle, puis se replient d'avant en arrière pour former le cul-de-sac pharyngien. Dans l'omphalocéphalie, ces replis de l'ectoderme et de l'entoderme ne se produisent point, bien que la tête conserve ses relations primitives avec le blastoderme. Il n'y a donc pas de pharynx ni, par conséquent, de chambre cardiaque.

La tête, infléchie d'avant en arrière, vient alors occuper la gouttière abdominale qui se produit le long de la corde dorsale et des proto-vertèbres. Cette gouttière a pour parois les deux lames du mésentère qui proviennent de parties réfléchies des splanchnopleures, et qui marchent de dehors en dedans pour se rapprocher de la ligne médiane. Ces deux lames forment les parois latérales de la gouttière abdominale; elles bordent, par conséquent, la tête des deux côtés. Puis, au delà de la tête, elles s'unissent sur la ligne médiane pour former le mésentère. J'avais cru, à une certaine époque, pouvoir désigner l'omphalocéphalie sous le nom de *hernie ombilicale de la tête*. Or cette désignation n'exprime qu'une apparence; puisque, dans ces monstres, l'ombilic n'existe pas en réalité, au moins dans sa partie supérieure, et qu'il ne peut pas exister, en l'absence des replis blastodermiques qui forment le pharynx.

Ainsi, dans l'omphalocéphalie, l'intestin antérieur ou le pharynx manque complètement; il n'est représenté que par la partie antérieure de la gouttière abdominale. Mais cet arrêt de développement ne se produit point dans la région postérieure du corps où l'intestin peut se développer d'une manière complète et normale.

Ces monstres périssent généralement dans les premiers jours de leur existence. Toutefois j'en ai rencontré, rarement il est vrai, qui étaient encore vivants dans la seconde semaine de l'incubation. Je ne puis savoir s'ils auraient pu dépasser cette époque. Toutefois j'ai constaté que ceux qui avaient péri d'une manière précoce étaient atteints d'une anomalie qui amène très rapidement la mort de l'embryon; la dilatation et la non-vascularisation des îles de sang, anomalie qui produit l'hydropisie embryonnaire[1]. Lorsque cette anomalie n'existe pas, et que le cœur, simple ou double, bat sur du sang rouge, l'omphalocéphale peut continuer à vivre et à se développer jusqu'à une époque que je n'ai pu encore déterminer.

Je n'ai pu, jusqu'à présent, reconnaître exactement la disposition

[1] Voir le chap. II, § 4 de la 3e partie.

de l'amnios. Je crois qu'elle est très variable. Mais il y a, le plus souvent, un arrêt de développement plus ou moins complet du capuchon céphalique. Il était indiqué, dans plusieurs cas, par un simple pli céphalique visible à une certaine distance en avant de l'extrémité antérieure. Dans d'autres, le capuchon céphalique avait commencé à se former, mais il arrivait seulement au niveau de l'inflexion de la tête. Du reste il m'a toujours paru complètement étranger à la monstruosité elle-même. Au contraire, le capuchon caudal peut se développer complètement, tout en restant appliqué sur l'extrémité postérieure de l'embryon[1].

Dans certains cas de monstruosité double, où les embryons sont unis par les têtes, j'ai rencontré parfois la tête unique affectée d'omphalocéphalie. Cette tête avait pénétré dans la cavité abdominale Je reviendrai plus loin sur ce fait.

Je dois signaler ici une anomalie très curieuse de l'extrémité postérieure du corps, anomalie qui réalise, à certains égards, une disposition précisément inverse de l'omphalocéphalie. L'extrémité caudale, au lieu de se produire à la partie postérieure du tronc, avait pénétré dans l'intérieur de la cavité abdominale, en écartant les deux lames mésentériques, où elle venait, en quelque sorte, faire hernie, en refoulant l'entoderme devant elle. Comme je n'ai encore observé cette anomalie que sur de très jeunes embryons, je ne puis jusqu'à présent que la mentionner, sans qu'il me soit possible de prévoir ce que deviennent les embryons ainsi atteints.

§ 3.

Is. Geoffroy Saint-Hilaire a réuni, dans une même famille, sous le nom de monstres otocéphaliens, des monstres caractérisés par le rapprochement ou la réunion médiane des oreilles au-dessous de la tête.

Ces monstres se rattachent à des types d'ailleurs très différents. Le

[1] Dans un cas de ce genre, que je conserve dans ma collection, les deux membres postérieurs sont soudés entre eux et présentent, par conséquent, la monstruosité désignée sous le nom de *symélie*, monstruosité produite par l'arrêt de développement du capuchon caudal. (Voir le § 10 du présent chapitre.)

C'est par erreur qu'à une certaine époque j'ai indiqué le capuchon céphalique de l'amnios comme s'étendant au-dessus du corps de l'embryon et au-dessous du cœur. (Voir la note que j'ai adressée à l'Ac. des sc. en 1877, sur l'origine de l'omphalocéphalie.) Les conditions si étranges de cette monstruosité et les difficultés que l'on éprouve à démêler les feuillets de l'embryon dans les organisations ainsi modifiées, expliquent comment je me suis trompé à cet égard.



type le plus commun, ou la *triocéphalie*, se distingue des autres par l'absence complète des yeux et de l'appareil olfactif. Dans les types de l'*opocéphalie*, de l'*édocéphalie* et de l'*otocéphalie*, il y a cyclopie et unité de l'appareil olfactif. Les yeux et l'appareil olfactif sont normaux dans la *sphénocéphalie*.

Les différences relativement considérables, que presentent ces trois groupes, m'avaient fait penser tout d'abord que la famille des otocéphaliens était un groupe purement artificiel, reposant sur un caractère unique et de peu d'importance, le rapprochement ou la réunion des oreilles. Aussi, dans la première édition de cet ouvrage, j'avais cru devoir rayer des catalogues la famille des monstres otocéphaliens, en faisant des triocéphales un groupe à part, en rattachant aux monstres cyclocéphaliens les otocéphales cyclopes, et en réservant le type des sphénocéphales sur lequel je n'avais que des indications incomplètes[1]. Des recherches ultérieures m'ont prouvé que ces types, bien que très distincts, possèdent cependant un ensemble de conditions communes, provenant d'un même fait initial, très précoce, l'arrêt de développement de la troisième vésicule de l'encéphale, celle qui doit donner naissance au cervelet et à la moelle allongée[2]. C'est une preuve de plus de la justesse des considérations qui avaient guidé Is. Geoffroy Saint-Hilaire dans l'établissement de sa classification tératologique.

Les conditions particulières de l'appareil auditif chez les monstres otocéphaliens ont été depuis longtemps rattachées par Huschke à l'arrêt de développement de la première fente branchiale[3]. Ce célèbre anatomiste avait découvert, en 1828, le rôle embryogénique de cette première fente, dont les deux extrémités sont, de chaque côté de la tête, le point de départ du conduit auditif externe, de la caisse et de la trompe d'Eustache; en d'autres termes, de l'oreille moyenne. Or, cette première fente branchiale, contrairement à celles qui la suivent d'avant en arrière et qui sont complètement séparées des deux côtés du cou, s'étend d'un côté à l'autre de la tête, sans autre interruption qu'une très petite traînée médiane de matière blastématique, traînée qui sert de support aux vaisseaux qui unissent les crosses de l'aorte.

[1] Voir la première édition, p. 144.

[2] DARESTE, *Sur le mode de formation des monstres otocéphales;* dans les *Comptes rendus*, t. XC, p. 191, 1880.

[3] HUSCHKE, *Ueber die erste Entwickelung des Auges und die damit zusammenhängende Cyklopie*; dans *Archiv für Anatomie und Physiologie* de Meckel, 1832, t. VI, p. 41.

Dans l'évolution normale, la partie moyenne de cette fente s'oblitère complètement, et ses deux extrémités se constituent isolément en oreilles distinctes. Si elle ne s'oblitère pas, les deux oreilles moyennes se confondent, et il n'existe ordinairement qu'une seule oreille située sur la ligne médiane, et ne possédant qu'une caisse, qu'une trompe d'Eustache et qu'un conduit auditif externe. Il y a cependant des cas dans lesquels les oreilles, bien que plus rapprochées que dans l'état normal, sont encore séparées l'une de l'autre. Alors il existe deux oreilles moyennes distinctes[1].

Cette explication, donnée par Huschke, est vraie, mais incomplète. La permanence de la première fente branchiale ne rend pas compte du rapprochement des oreilles dans certains cas, de la formation d'une oreille unique dans d'autres. Il faut encore que cette fente branchiale soit plus courte que dans l'état normal, pour qu'il y ait rapprochement des deux oreilles vers la ligne médiane, et beaucoup plus courte encore pour qu'il y ait formation d'une oreille unique.

Ce raccourcissement de la première fente branchiale est-il le fait initial de l'otocéphalie, ou ne dépend-il pas d'un fait antérieur? Mes recherches me permettent de répondre à cette question.

L'otocéphalie est une monstruosité très rare. J'ai toutefois rencontré des embryons chez lesquels l'otocéphalie en voie de formation était manifeste. J'ai observé la permanence de la première fente branchiale chez un embryon qui avait d'ailleurs les deux yeux séparés, et qui présentait, par conséquent, les caractères de la sphénocéphalie. J'ai vu d'autres embryons que j'ai cru pouvoir rattacher au type des triocéphales. La tête était rudimentaire et ne présentait, comme dans les monstres appartenant à ce type, aucune trace des yeux. Ils étaient

[1] Cela se rencontre particulièrement, mais non d'une manière générale, dans la sphénocéphalie. Et. Geoffroy Saint-Hilaire, qui a décrit le premier ce type tératologique, mentionne expressément l'existence d'une seule caisse, chez un agneau sphénocéphale. (*Philosophie anatomique*, t. II, p. 98.) Au contraire, il y aurait eu deux caisses dans un agneau monstrueux voisin des sphénocéphales, agneau décrit par Delplanque (*Études tératologiques*, 1850, p. 22) et qui différait des sphénocéphales ordinaires par l'absence des mâchoires. Une semblable disposition a été décrite et figurée par Hannover (*Den menneskelige Hjerneskals Bygning ved Synotia*, 1884) chez un enfant sphénocéphale également privé de mâchoires. Evidemment l'étude complète de la sphénocéphalie est encore à faire. Is. Geoffroy Saint-Hilaire, en faisant ressortir les différences qui distinguent ce type des autres monstres otocéphaliens, ajoute qu'il ne serait pas impossible qu'il dût en être séparé complètement, et devenir le point de départ d'une famille distincte. (*Traité de tératologie*, t. II, p. 456.)

d'ailleurs à un âge où la première fente branchiale n'existe pas encore. Mais je suis certain que je l'aurais rencontrée si j'avais observé ces embryons un peu plus tard[1].

Ces faits me prouvaient que l'otocéphalie peut se produire chez les oiseaux. Mais je ne pouvais croire qu'une monstruosité aussi grave résultât d'un fait aussi tardif que la permanence d'une fente branchiale qui disparaît ordinairement vers le cinquième jour de l'incubation. Les monstruosités les plus intenses apparaissent dès les premiers temps de l'évolution. L'otocéphalie ne me paraissait pas devoir échapper à cette règle.

Mes recherches m'ont appris : d'abord que le rapprochement des oreilles moyennes ou leur unité résultent du rapprochement des vésicules auditives qui sont le point de départ des oreilles internes; ensuite que ce rapprochement des vésicules auditives résulte lui-même d'un arrêt de développement de la troisième vésicule de l'encéphale.

Cet arrêt de développement de la troisième vésicule de l'encéphale est presque toujours associé à celui de la première vésicule. Alors apparaît le type de la triocéphalie, le plus fréquent de tous les types de la famille des otocéphaliens. Je vais montrer comment il se produit.

La gouttière médullaire se transforme peu à peu en un tube par la réunion, sur la ligne médiane, des lames ectodermiques qui en forment les parois. Cette fermeture de la gouttière médullaire se produit d'avant en arrière, de telle sorte qu'elle existe dans la région de l'encéphale avant d'exister dans celle de la moelle épinière. Toutefois l'extrémité tout à fait antérieure de la gouttière reste ouverte pendant un temps assez long. On verra plus loin la signification de ce fait.

Dans l'évolution normale, la fermeture de la partie encéphalique de la gouttière médullaire est suivie de la formation de trois vésicules qui se produisent par trois évasements de cette région. Mais la formation de ces trois vésicules ne se produit pas exactement de la même manière. La première vésicule se produit avant la fermeture de l'extrémité antérieure du tube; elle reste, par conséquent, ouverte pendant un certain temps, ce qui permet à ses parois de s'élargir considérablement, et de lui donner un diamètre transversal beaucoup plus considérable que celui de la seconde et de la troisième vésicule.

[1] Voir, dans l'Atlas, deux cas de ce genre, pl. VI, fig. 1 et 2; pl. IX, fig. 6 et 7. Celui de la planche VI est très déformé par l'hydropisie.



Les seconde et troisième vésicules ne se produisent qu'après la fermeture des parois de la gouttière, et, par suite, elles sont beaucoup moins évasées que la première[1].

La vésicule antérieure (*Vorderhirn*), celle qui se produit avant la fermeture complète du tube, se constitue avant les deux autres. La seconde et la troisième ne se forment que plus tard, et postérieurement à la fermeture du tube.

Dans la triocéphalie, la fermeture de la partie antérieure de la gouttière médullaire se fait de très bonne heure. Il en résulte que la première vésicule de l'encéphale reste à l'état rudimentaire; elle ne donne naissance ni aux vésicules optiques, ni aux hémisphères cérébraux.

Cet arrêt de développement de la première vésicule s'accompagne du défaut de formation ou au moins de l'arrêt de développement de la seconde et de la troisième qui conservent leur état primitif de tube. Les parties du tube qui doivent former la seconde et la troisième vésicule ont alors un aspect qui rappelle très exactement celui de la moelle épinière. Leur paroi supérieure est formée par deux rubans blancs juxtaposés, sans interposition d'une partie transparente[2]. Au contraire, dans l'état normal, ces deux rubans s'écartent et sont séparés l'un de l'autre par une membrane transparente qui forme le

[1] Les trois premières vésicules encéphaliques n'ont pas, en français, des noms simples. Elles ont, en allemand, ceux de *Vorderhirn*, *Mittelhirn* et *Hinterhirn*. Plus tard, le *Vorderhirn* se partage d'avant en arrière en *Vorderhirn* et *Zwischenhirn*, tandis qu'il produit latéralement les vésicules optiques primitives. Le *Mittelhirn* ne se divise point. L'*Hinterhirn* se partage d'avant en arrière en *Nachhirn* et *Hinterhirn*. Le *Vorderhirn* devient la vésicule des hémisphères cérébraux; le *Zwischenhirn*, la vésicule du troisième ventricule; le *Mittelhirn*, la vésicule des lobes optiques ou des tubercules quadrijumeaux; le *Nachhirn*, la vésicule du cervelet; le *Hinterhirn*, la vésicule de la moelle allongée.

Il faut remarquer que le mot de *Vorderhirn* a deux acceptions différentes, suivant l'époque où l'on observe l'encéphale. Au début, le *Vorderhirn* est la vésicule du troisième ventricule. Plus tard, lorsqu'il s'est divisé longitudinalement en deux vésicules, l'expression de *Vorderhirn* s'applique à la vésicule des hémisphères, tandis que l'on donne à la partie de cette vésicule qui reste la vésicule du troisième ventricule, le nom de *Zwischenhirn*. Je signale ces diverses dénominations afin d'éviter toute confusion.

[2] Il est possible d'ailleurs que le défaut d'écartement des deux rubans qui représentent les rubans supérieurs de la moelle (voir page 330) n'empêche pas cette région de s'évaser un peu dans la partie inférieure et d'y former une vésicule, mais qui serait beaucoup plus petite que la vésicule développée normalement. Cela me paraît résulter d'observations récentes, mais qui ne m'ont encore fourni que des indications incomplètes.



plafond de ces vésicules. Cette formation d'une membrane transparente qui n'est qu'une partie de la lame ectodermique non encore modifiée, accompagne l'évasement du tube et la formation de la seconde et de la troisième vésicule de l'encéphale.

L'arrêt de développement de cette partie du tube médullaire a pour résultat d'entraver le développement de la tête qui est beaucoup moins large que dans l'état normal. Il en résulte le rapprochement des deux fossettes auditives. En effet, ces fossettes se produisent par l'invagination de deux parties de l'ectoderme dans le mésoderme de la tête, des deux côtés de la région de l'encéphale qui devait former la troisième vésicule, et elles se transforment peu à peu en vésicules closes. Ces fossettes, bien que complètement indépendantes, par leur formation, du tube cérébro-spinal, lui sont cependant accolées[1]. Dans l'état normal, elles ne se produisent qu'après la formation de la troisième vésicule et apparaissent d'emblée à une certaine distance l'une de l'autre. Elles sont au contraire très rapprochées, lorsque le tube cérébro-spinal ne s'est pas évasé. C'est là l'état initial de l'otocéphalie, état initial qui détermine un moindre développement de la tête, et, par suite, un moindre développement de la première fente branchiale, et la formation d'une seule oreille moyenne sur la ligne médiane.

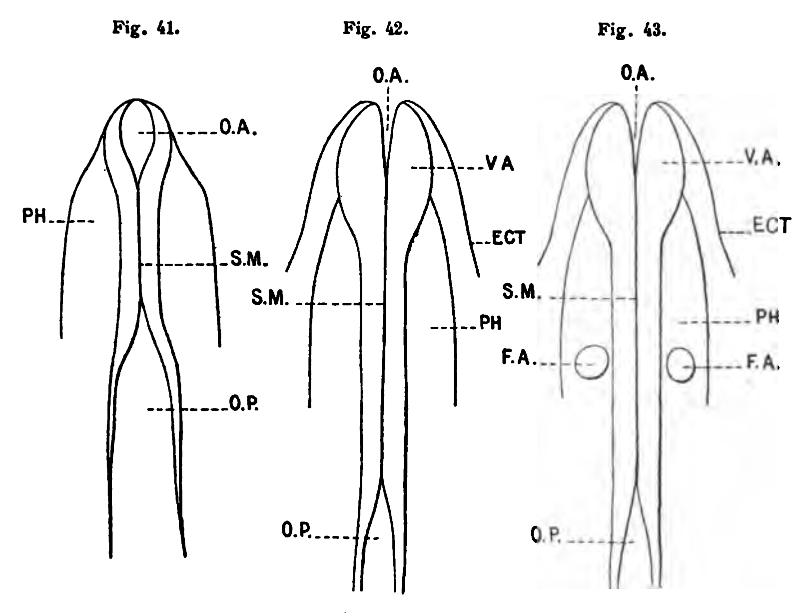
Le crâne, chez les monstres otocéphaliens, présente de très nombreuses anomalies. Mes recherches, qui n'ont porté que sur de très

[1] Balfour et Forster ont figuré les vésicules auditives sur les côtés du tube cérébro-spinal, avant la formation de la troisième vésicule encéphalique. (*The Elements of Embryology*, p. 65, fig. 15 et p. 75, fig. 21.) Mais j'ai tout lieu de croire qu'ils ont considéré, comme l'état normal, ce qui n'est en réalité qu'un état anormal, le fait initial de l'otocéphalie. J'ai observé des milliers d'embryons, depuis que je m'occupe de tératogénie, et j'ai presque toujours vu l'apparition des fossettes auditives ne se produire qu'après la formation de la troisième vésicule. Ce n'est que dans des cas très exceptionnels, et que, pour ce motif, je considère comme anormaux, que j'ai vu le contraire. Dans les figures de tous les autres traités d'embryogénie que j'ai consultés à cet égard, les vésicules auditives ne sont représentées qu'après la formation de la troisième vésicule.

Du reste, s'il en était autrement, cela ne changerait rien aux idées que j'émets sur l'origine de l'otocéphalie. En effet, si ces fossettes auditives se produisaient avant la transformation du tube cérébro-spinal en vésicules, elles seraient très rapprochées l'une de l'autre, et ne s'écarteraient que postérieurement à l'écart des parois de ce tube. Elles resteraient donc très rapprochées, par suite de l'arrêt de développement du tube cérébro-spinal. Mais j'ai tout lieu de croire que les choses ne se passent pas ainsi, et que, dans l'état normal, l'apparition des fossettes auditives est toujours consécutive à la formation de la troisième vésicule.



jeunes embryons chez lesquels le système osseux ne s'était pas encore produit, ne m'ont rien appris à leur sujet. Mais cette étude n'aurait qu'un intérêt secondaire, puisque toutes les modifications de la tête osseuse, chez ces monstres, sont consécutives aux modifications des parties molles, et, par conséquent, déterminées par elles. Je la laisse



Schémas représentant la formation des vésicules de l'encéphale. — Fig. 40. Etat normal de la partie antérieure de la gouttière médullaire au moment où elle commence à se former dans la région de la tête. — Fig. 41. Etat normal de la partie antérieure de la gouttière médullaire, après le commencement de la formation de la vésicule antérieure. — Fig. 42. Etat anormal de cette même partie, consistant dans le défaut de formation des deuxième et troisième vésicules et l'apparition des fossettes auditives.

Lettres communes. O.A, ouverture antérieure de la gouttière médullaire. O.P, ouverture postérieure. S.M, suture médiane du tube médullaire. EC, ectoderme. PH, pharynx. V.A, vésicule antérieure. F.A, fossettes auditives.

donc provisoirement de côté, tant que je n'aurai pu la faire sur de nombreuses préparations[1].

Ainsi donc l'otocéphalie résulte de l'arrêt de développement de la troisième vésicule de l'encéphale. Lorsque ce fait tératologique accompagne l'arrêt de développement par fermeture précoce de la pre-

[1] Voir, à ce sujet, HANNOVER, *loc. cit.* Toutefois les descriptions d'Hannover ne portent que sur les sphénocéphales et les otocéphales cyclopes. Il ne donne aucune indication sur les triocéphales. La description de la tête osseuse des triocéphales serait assez curieuse. Je signale cette question aux tératologistes.



mière vésicule, il produit la triocéphalie. La formation des otocéphales cyclopes résulte d'un développement incomplet de la première vésicule de l'encéphale. Je ne le décrirai pas ici, devant en parler longuement lorsque je m'occuperai de la formation de la cyclopie. Dans la sphénocéphalie la première vésicule de l'encéphale se développe d'une manière complète; elle produit alors deux yeux distincts, et, très probablement aussi, la vésicule des hémisphères cérébraux qui prend naissance à son extrémité antérieure.

§ 4.

La cyclopie réalise plus ou moins exactement l'organisation des Cyclopes de la fable. L'être affecté de cyclopie possède, au lieu de deux yeux placés sur les parties latérales de la tête, un œil unique situé sur le plan médian de la face, et dans la constitution duquel on ne rencontre parfois que les éléments d'un œil simple, mais qui présente le plus souvent, en plus ou moins grand nombre, les éléments de deux yeux. On rattache à la cyclopie divers cas de monstruosités dans lesquels deux yeux complètement distincts sont réunis dans une orbite unique, et d'autres dans lesquels deux yeux, ayant chacun leur orbite propre, se rapprochent beaucoup plus de la ligne médiane que les yeux de l'état normal[1].

Les tératologistes qui ont étudié la cyclopie ont expliqué sa genèse par les deux procédés fondamentaux de la tératogénie, l'union des parties similaires et l'arrêt de développement.

Meckel, puis Is. Geoffroy Saint-Hilaire, partant de l'étude des monstruosités cyclopiques après la naissance, ont expliqué la cyclopie par la fusion de deux yeux primitivement séparés. L'atrophie, plus ou moins complète, de l'appareil nasal mettrait les yeux en contact, et, par suite, amènerait leur fusion[2].

[1] Comme j'ai, dans tout ce livre, suivi la classification d'Is. Geoffroy Saint-Hilaire, je dois rappeler ici que ce naturaliste a remplacé la dénomination de monstres cyclopes par celle de monstres cyclocéphaliens. Pour ma part, j'ai préféré conserver le mot de cyclopie qui existe depuis longtemps dans la science, et qui, par conséquent, est compris de tous les physiologistes. Is. Geoffroy Saint-Hilaire désigne sous les noms d'*ethmocéphalie* ou de *cébocéphalie* les types de la cyclopie où les deux yeux ont chacun leur orbite, mais beaucoup plus rapprochées que dans l'état normal.

[2] MECKEL, *Ueber die Verschmelzungsbildungen;* dans *Archiv für Anatomie und Physiologie*, t. I, p. 238. 1826. — Is. GEOFFROY SAINT-HILAIRE, *Traité de tératologie*, t. II, p. 404 et suiv.



Huschke[1], prenant son point de départ dans les notions qu'il s'était faites sur l'évolution de l'œil, explique la cyclopie par un arrêt de développement. D'après lui, l'œil serait un organe primitivement simple et placé à l'extrémité du tube cérébro-spinal. Cet organe s'accroîtrait latéralement; puis, à un certain moment, se séparerait en deux yeux qui, d'abord juxtaposés, s'écarteraient l'un de l'autre et viendraient occuper les deux côtés de la tête. L'arrêt de développement de la vésicule oculaire primitivement unique produirait, suivant l'époque de son apparition, les diverses formes de la cyclopie, depuis la plus simple, celle où l'œil est unique dans toutes ses parties, jusqu'aux formes les plus compliquées, celles où les deux yeux sont complètement séparés dans des orbites distinctes.

L'observation directe de la formation de la cyclopie m'a appris que ces deux opinions, bien que très distinctes en apparence, ne sont cependant pas inconciliables. Il y a arrêt de développement, comme le pensait Huschke; mais cet arrêt de développement, qui porte sur les parois de la vésicule antérieure de l'encéphale, a pour résultat de mettre en contact les parties des parois de cette vésicule qui doivent former les yeux, et de déterminer ainsi la formation d'un œil unique, par la mise en jeu de l'union des parties similaires; tandis que, dans l'état normal, ces parties s'écartent les unes des autres et donnent naissance à deux yeux distincts dès leur origine.

La formation de la cyclopie se lie donc, d'une manière nécessaire, à la formation de la vésicule encéphalique antérieure.

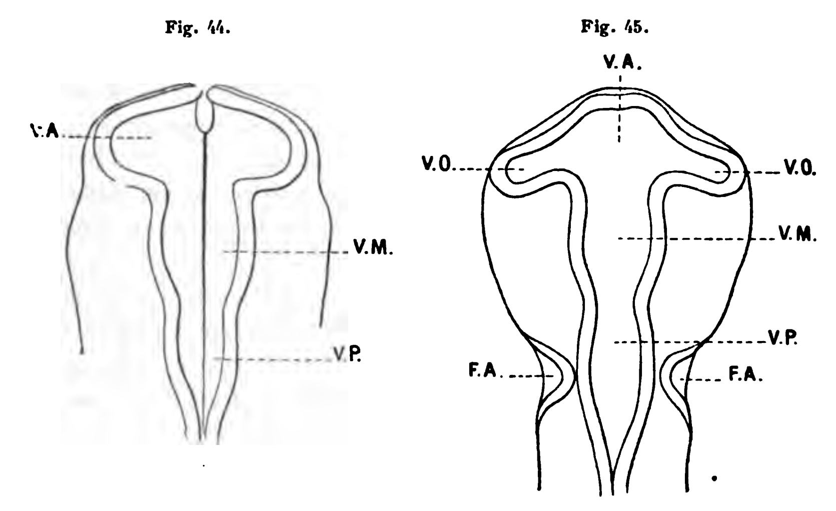
Nous avons déjà vu que le mode de fermeture de la première vésicule de l'encéphale diffère du mode de fermeture de la seconde et de la troisième de ces vésicules[2]. En effet, les parois qui la forment restent pendant longtemps ouvertes à sa partie antérieure, au lieu de se fermer d'une manière précoce. Il en résulte que ces parois s'écartent constamment l'une de l'autre, et que l'intervalle vide qui les sépare irait toujours en grandissant, s'il n'était constamment comblé par le repli de nouvelles parties de l'ectoderme. Cet écartement continu des deux parois met donc sans cesse en contact, des deux côtés de la fente, de nouvelles parties de l'ectoderme, jusqu'au moment où la vésicule a atteint son développement complet dans le sens transversal. Alors seulement la vésicule, qui était restée ouverte, se ferme par la soudure des deux lames ectodermiques qui forment les deux bords de la fente.

[1] Huschke, *loc. cit.*

[2] Voir page 369.

Rien de plus facile, en partant de ces notions, que d'expliquer les formes diverses de la cyclopie.

Si l'extrémité antérieure de la gouttière médullaire se ferme d'une manière très précoce, elle se transforme en un simple tube fermé à son extrémité, et ne se dilate point pour former une vésicule. Dans ce cas, les yeux qui sont produits par la vésicule antérieure ne se développent point. Cette fermeture précoce de l'extrémité antérieure du tube nerveux, et par suite cette absence de la première vésicule cérébrale s'associe avec le défaut de formation de la troisième vésicule. Tel est le point de départ de la triocéphalie que j'ai fait connaître précédemment[1].



Schémas représentant la formation des vésicules encéphaliques et faisant suite à ceux de la page 372, fig. 41, 42, 43. Ici les trois vésicules antérieures sont formées. Dans la fig. 44, les parties latérales de la vésicule qui doivent former les vésicules optiques sont déjà notablement écartées l'une de l'autre ; mais il existe encore une fente médiane et antérieure. Dans la fig. 45, la vésicule antérieure est complètement développée ; elle présente latéralement les deux vésicules optiques, séparées en avant par une partie qui est le point de départ de la vésicule des hémisphères cérébraux. Les fossettes auditives se sont produites, tandis qu'elles n'existent pas encore dans la fig. 44.

Lettres communes. V.A, vésicule antérieure. V.M, vésicule moyenne. V.P, vésicule postérieure. V.O, vésicule oculaire. F.A, fossettes auditives.

Mais, le plus ordinairement, la fermeture ne se produit qu'après que la vésicule a commencé à se former, et par conséquent elle arrête son développement dans l'un quelconque des états successifs qu'elle traverse. Telle est l'origine de la cyclopie. En effet, les parois de cette vésicule contiennent des parties qui doivent plus tard produire les

[1] Voir le § 3 du présent chapitre.

éléments histologiques spéciaux des rétines. C'est un fait bien curieux de voir que les éléments de l'ectoderme, parfaitement homogènes en apparence, donnent plus tard naissance à des éléments histologiques très différents, et que certaines parties de ce feuillet possèdent seules le privilège de produire les éléments de l'organe de la vue. Or ces parties rétiniennes des parois de la vésicule sont à un certain moment juxtaposées, puis elles s'éloignent l'une de l'autre et s'écartent de plus en plus, pour venir finalement occuper les deux bords extrêmes de la première vésicule de l'encéphale. Lorsque cet écartement s'est produit, toute la partie antérieure de la vésicule est formée par un repli de l'ectoderme qui deviendra le point de départ de la vésicule des hémisphères cérébraux.

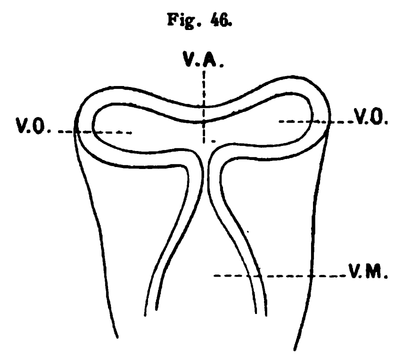
Supposons maintenant qu'un arrêt de développement de la vésicule antérieure maintienne en contact les parties rétiniennes à un certain moment, ces parties s'uniront entre elles et formeront sur la ligne médiane une vésicule optique unique, et, par suite, un œil unique; et suivant que ces parties rétiniennes seront plus ou moins étendues, l'œil unique contiendra un nombre plus ou moins grand de parties. De même si l'union des lames ectodermiques repliées se produit un peu plus tard, et sans intéresser les parties rétiniennes, il se produira deux yeux, tantôt placés dans un orbite unique, et tantôt séparés dans des orbites distinctes. Il y aura donc à la fois, dans la cyclopie, arrêt de développement, comme l'admettait Huschke, et union des parties similaires, comme l'admettaient Meckel et Is. Geoffroy Saint-Hilaire.

En m'exprimant ainsi, je ne viens pas ajouter une hypothèse nouvelle à celle de mes savants devanciers; mais je mentionne des faits d'observation.

Assurément, lorsqu'il s'agit d'arrêts de développement, il est impossible de dire où finit l'état normal, où commence l'anomalie, puisque ces deux états n'ont pas, ne peuvent avoir de limite tranchée. Mais ce qu'il est possible de faire, c'est de constater le moment où l'anomalie se manifeste par un signe précis. Dans l'état normal, les vésicules optiques primitives, apparues aux deux extrémités de la vésicule encéphalique antérieure, se modifient par la transformation de leur surface convexe en surface concave. Il se produit ainsi, à leur extrémité, une cavité, la *cupule optique*, dans laquelle le cristallin vient plus tard s'invaginer. Or j'ai rencontré plusieurs fois à l'extrémité de la vésicule encéphalique antérieure une fossette qui rappelait très exactement les cupules optiques, mais qui présentait une cavité

ellipsoïdale et non sphérique comme celle de l'état normal. La forme de ces fossettes résultait évidemment de ce que leurs parois contenaient en plus ou moins grand nombre les éléments de deux yeux[1]. Un fait curieux et que jusqu'à présent je n'ai pu m'expliquer, c'est que dans tous les cas de cyclopie avec dualité complète des yeux, ces organes se font face par cette dépression du contour de la cupule optique que l'on désigne sous le nom impropre de *fente choroïdienne*.

Fig. 46.



Fossette de la cyclopie, d'après nature. — Ici la fossette était très large, et les yeux auraient été séparés. — V.A, vésicule antérieure. V.O, vésicule optique. V.M, vésicule moyenne.

La vésicule optique unique de la cyclopie se complète, comme les deux vésicules optiques de l'état normal, par l'invagination du cristallin dans la dépression de la cupule. On sait que le cristallin est produit par une partie épaissie de la couche épidermique en contact avec cette cupule, partie qui se détache pour entrer dans la composition du globe de l'œil. Mais cette formation du cristallin n'a pas toujours lieu. J'ai déjà signalé son absence dans certains cas d'hémitéries[2]. Ainsi arrêté dans son développement, l'œil est réduit à la vésicule optique primitive qui s'est déprimée pour former la cupule et qui se présente sous l'aspect d'une tache noire résultant de la formation du pigment choroïdien en arrière de la rétine. On a rencontré assez fréquemment, chez les cyclopes, l'œil ainsi remplacé par une tache de couleur foncée et on a décrit les monstres présentant cette particularité comme des cyclopes privés d'œil. On voit que, dans ces cas, l'œil existe, mais réduit à la vésicule optique primitive.

La formation de la fossette oculaire unique, à l'extrémité antérieure de la ligne médiane de l'embryon, modifie notablement la forme de la tête, qui se termine en avant par un bord rectiligne au lieu de présenter, comme dans l'état normal, un bord convexe. De plus, elle est notablement rétrécie dans le sens transversal.

[1] J'ai tout lieu de croire que la théorie de Huschke sur la formation de la cyclopie provient de l'observation de cette fossette. Il aura très probablement pris un fait anormal pour le fait normal.

[2] Voir page 321.

Plus tard, cet appareil oculaire affecté de cyclopie paraît quitter sa position initiale; il s'éloigne de l'extrémité antérieure de la tête et vient se placer sur sa face inférieure. Ce déplacement n'est qu'une apparence; il résulte du développement ultérieur de la première vésicule encéphalique.

En effet, cette vésicule continue à s'accroître en haut et en avant; son bord antérieur vient ainsi se placer en avant de la fossette optique. Mais son développement est alors beaucoup moins complet que dans l'état normal. Les parties nouvelles qui devaient produire la vésicule des hémisphères cérébraux ne se séparent pas nettement de la vésicule primitive qui continue à s'accroître, tout en restant arrêtée à une époque quelconque de son développement. Je n'ai pu, jusqu'à présent, suivre pas à pas, chez les oiseaux, la formation de la cyclopie, et observer les états successifs de la première vésicule de l'encéphale. Il faudrait, pour cela, obtenir des monstruosités cyclopiques à un état plus avancé que celles qui m'ont fourni les éléments de mes études. Mais si cela est très difficile, cela n'est pas absolument impossible; car les cyclopes ornithologiques peuvent atteindre l'époque de l'éclosion[1], bien que l'état imparfait du bec supérieur les empêche de briser leur coquille.

Mais je puis en partie suppléer au défaut d'études directes chez les oiseaux, à l'aidé des descriptions que l'on a données de l'encéphale des cyclopes chez l'homme et les mammifères.

On a constaté, dans l'encéphale de ces monstres, l'existence du cervelet et des tubercules quadrijumeaux. Quant à la partie antérieure, elle consiste dans une masse unique, dont les parois sont lisses et dépourvues de circonvolutions. Lorsque l'on ouvre cette masse on y rencontre une seule cavité, en d'autres termes, un seul ventricule rempli d'une quantité considérable de sérosité. Au fond de ce ventricule, se voient les couches optiques; mais on ne trouve ni la voûte, ni la cloison transparente, ni le corps calleux; on ne trouve pas non plus les corps striés.

Tous ces faits s'expliquent par un arrêt de développement de la vésicule encéphalique antérieure[2]. Dans l'état normal, cette vésicule,

[1] Is. Geoffroy Saint-Hilaire, *Traité de tératologie*, t. II, p. 411, rapporte 5 cas de cyclopie observés chez les oiseaux.

[2] Forster, *Die Missbildungen des Menschen*, 1861, p. 73, a déjà indiqué l'arrêt de développement de la première vésicule encéphalique comme le fait initial de la cyclopie. Mais cet anatomiste qui n'avait étudié les cyclopes qu'après la naissance, et lorsqu'ils sont complètement formés, n'avait pu se guider que par des consi-



après avoir produit les deux vésicules optiques, émet, en avant d'elles, une nouvelle vésicule qui donnera naissance aux hémisphères cérébraux, et dans lesquels se formeront les ventricules latéraux qui se distinguent du troisième ventricule. Dans la cyclopie, toutes ces parties restent confondues, comme elles le sont au début dans l'état normal.

La vésicule encéphalique antérieure, ainsi frappée d'arrêt de développement, peut continuer à s'accroître, et alors elle se remplit d'un amas considérable de sérosité. Il semble donc qu'il y ait une hydropisie; mais ce n'est, en réalité, qu'une augmentation de la sérosité normale qui remplit, au début, les vésicules de l'encéphale. Cette accumulation de sérosité est souvent un obstacle à l'étude de l'encéphale des cyclopes, parce qu'elle désorganise plus ou moins la couche de substance nerveuse avec laquelle elle est en contact.

La cyclopie s'accompagne toujours d'une modification profonde de l'appareil nasal. Cet appareil se présente le plus ordinairement sous la forme d'un appendice en forme de trompe placé au-dessus de l'œil unique. Dans d'autres cas, la trompe même n'existe pas, et l'appareil nasal se réduit à une très petite cavité ouverte à l'extérieur. Mais cette cavité, même quand elle est prolongée en forme de trompe, n'a point d'orifice interne, et ne possède, par conséquent, aucune communication avec le pharynx[1].

Cette disposition de l'appareil nasal dans la cyclopie s'explique complètement par l'embryogénie. L'appareil nasal est formé primitivement par deux fossettes qui se produisent par une invagination de l'entoderme dans la lame mésodermique qui revêt les hémisphères cérébraux. Ces fossettes olfactives, produites en avant des yeux, forment deux petites cavités, ouvertes à l'extérieur, mais dont l'intérieur se termine en cul-de-sac et ne présente tout d'abord aucune communication avec la cavité buccale et la cavité pharyngienne. Elles sont donc tout à fait comparables aux cavités nasales des poissons, et sont une preuve de plus du fait, que j'ai souvent mentionné, de l'existence d'un type primitif plus ou moins complètement

dérations théoriques. Au contraire, l'exposition que je donne de la formation de la cyclopie est entièrement fondée sur l'observation directe des faits embryogéniques.

[1] L'existence ou l'absence d'une trompe a conduit depuis longtemps Is. Geoffroy Saint-Hilaire à l'établissement de types distincts dans la famille des cyclocéphaliens, comme dans celle des otocéphaliens, lorsque les yeux sont réunis. (Voir le *Traité de tératologie*, t. II, p. 375 et 422.)



réalisé dans tous les embryons de l'embranchement des vertébrés.

Plus tard, dans l'évolution normale où les yeux sont complètement séparés, ces cavités olfactives se mettent en communication avec la cavité buccale ou la cavité pharyngienne; et c'est ainsi que l'appareil de l'olfaction se trouve à l'entrée des voies respiratoires chez les animaux à respiration aérienne. Mais, chez les cyclopes, ce fait ne peut pas se produire. L'œil unique occupant la ligne médiane forme une barrière que l'appareil olfactif ne peut franchir. Il reste donc, dans sa situation primitive, au-dessus de cet œil unique. En même temps, le rétrécissement antérieur de la tête qui résulte de l'arrêt de développement de la vésicule des hémisphères cérébraux et la formation d'un œil unique, entraînent également la formation d'une cavité olfactive unique. Il y a d'ailleurs un fait analogue dans l'anatomie normale des vertébrés. La cavité olfactive est unique chez les lamproies, bien que, chez ces animaux, il existe deux yeux distincts.

Dans l'état normal, où les deux yeux sont séparés, l'intervalle entre ces organes est occupé par un blastème qui s'étend depuis l'extrémité du front jusqu'à la bouche et que l'on désigne sous le nom d'*appendice fronto-nasal* ou *intermaxillaire*. Cet appendice qui donne naissance aux os du nez et à l'intermaxillaire, manque complètement chez les monstres affectés d'une cyclopie complète. On en retrouve seulement quelques traces, mais plus ou moins rudimentaires, chez les cyclopes imparfaits, comme les *cébocéphales* et les *ethmocéphales*, où les yeux sont distincts, bien que très rapprochés de la ligne médiane. L'absence de cet appendice fronto-nasal donne à la bouche des embryons affectés de cyclopie une forme très remarquable et tout à fait caractéristique. Les blastèmes qui doivent former les os maxillaires supérieurs sont des appendices du premier arc branchial qui s'écartent du maxillaire inférieur et remontent au-dessous de l'œil, pour venir s'unir au blastème de l'os intermaxillaire, prolongement inférieur de l'appendice fronto-nasal. La cavité buccale, avant même de se mettre en communication avec la cavité pharyngienne, se présente alors sous la forme d'un trapèze dont le bord supérieur est formé par le blastème de l'intermaxillaire, dont les bords latéraux sont formés par les blastèmes des maxillaires supérieurs, dont le bord inférieur est formé par le blastème du maxillaire inférieur. Or, dans la cyclopie, la cavité buccale présente une forme toute différente. L'absence du blastème de l'intermaxillaire fait que les deux blastèmes des maxillaires viennent se réunir au-dessous de l'œil. Il en résulte que la fente

buccale a alors la forme d'un triangle dont le sommet serait en haut, et non celle d'un trapèze[1].

Ces modifications de l'appareil oculaire, de la première vésicule encéphalique et de l'appareil olfactif, entraînent nécessairement des modifications consécutives et corrélatives de la tête osseuse. Ici, comme pour l'otocéphalie, et pour les mêmes causes, je n'en parlerai point, me contentant de renvoyer mes lecteurs aux anatomistes qui ont décrit plus ou moins complètement l'organisation des cyclopes[2].

Fig. 47.

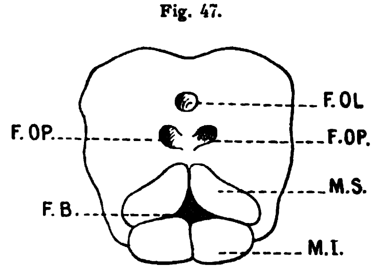


Schéma représentant la forme de la cavité buccale dans la cyclopie. — F.OL, fossette olfactive ; FOP, fossette optique; F.B, fente buccale ; M.S, mâchoire supérieure; M.I, mâchoire inférieure.

Pour la forme normale de la cavité buccale, voir p. 239, fig. 1 et 2.

L'arrêt de développement de la première vésicule encéphalique est-il le fait initial de la cyclopie? J'ai lieu de croire que, dans un grand nombre de cas, cet arrêt est lui-même provoqué par un arrêt de développement de l'amnios. En effet, j'ai vu plusieurs fois l'extrémité céphalique de l'embryon, présentant la fossette oculaire de la cyclopie et venant buter contre le pli céphalique qui était alors la seule indication de l'amnios, et souvent infléchie sur l'axe du corps, par suite de la pression exercée par ce pli. Dans d'autres cas, où l'embryon cyclope était plus développé, l'amnios, plus ou moins appliqué contre le corps de l'embryon, présentait des arrêts de développement manifestes, et particulièrement l'ombilic amniotique plus ou moins ouvert. Cette manière de comprendre la formation de la cyclopie a été adoptée par M. Kundrat[3]. Toutefois je ne suis pas encore en mesure d'affirmer que cette explication doive s'appliquer à tous les cas. Il n'y a, théo-

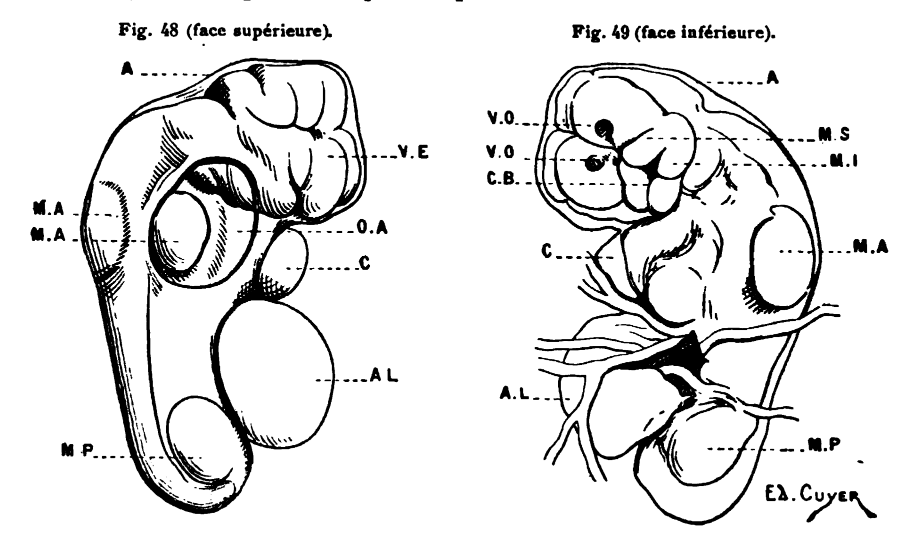
[1] Voir, dans l'Atlas, pl. IX, les figures de plusieurs embryons cyclopes.

[2] Voir, par exemple, Hannover, *Den menneskelige Hjerneskals Bygning ved Cyclopia*. Copenhague, 1884. — Dans ce travail, M. Hannover combat les idées que je professe sur le rôle de l'arrêt du développement dans la cyclopie, en se fondant sur ce que l'embryon ne possède à aucune époque de son développement un œil unique. Cela tient à ce que M. Hannover ne tient pas compte de la distinction qu'il faut faire entre les deux périodes de la vie embryonnaire (voir le chap. I de la 2e partie). L'embryon normal ne présente de cyclopie à aucune époque, mais si la première vésicule encéphalique s'arrête à une certaine phase de son développement, elle produira un œil unique. La cyclopie est donc, quoi que dise mon savant contradicteur, le résultat d'un arrêt de développement.

[3] Kundrat, *Arhinencephalie*, etc., p. 123 et suiv. Gratz, 1882.

riquement, aucune raison pour admettre que la région céphalique de l'embryon ne puisse être primitivement atteinte d'un arrêt de développement, aussi bien que l'amnios lui-même, et que, par conséquent, un même type tératologique, consistant essentiellement en un arrêt de développement ne puisse être produit par deux causes différentes. Ce n'est

Fig. 48 (face supérieure). Fig. 49 (face inférieure).



Figures dessinées d'après un cas de cyclopie que j'ai observé à un âge relativement avancé, le cinquième jour. — L'embryon est complètement enfermé dans l'amnios qui présente au-dessus du membre supérieur droit un large ombilic amniotique. La tête est infléchie latéralement, bien évidemment sous l'influence de l'amnios, mais elle n'est pas retournée. La face supérieure de la tête présente une exencéphalie complète, manifestement déterminée par une compression exercée par l'amnios. La cyclopie, que l'on voit sur la face inférieure, est incomplète ; les yeux étant seulement rapprochés, mais non unis. La forme triangulaire de la bouche est bien évidente. La tête de ce cyclope a fourni le schéma de la fig. 47.

Lettres communes : A, amnios ; O.A, ombilic amniotique ; V.E, vésicules encéphaliques ; V.O, vésicules optiques ; M.S, mâchoire supérieure ; M.I, mâchoire inférieure ; C.B, fente buccale ; C, cœur ; M.A, membre antérieur ; M.P, membre postérieur ; A, allantoïde.

qu'en multipliant les observations qu'il sera possible d'arriver à établir, d'une manière complète, ce point important de tératogénie. Et, malheureusement, la cyclopie s'est produite si rarement dans mes expériences que je ne puis prévoir l'époque où j'aurai réuni tous les éléments de cette étude[1].

Dans les cas de cyclopie que j'ai observés, cette monstruosité était fréquemment, mais non d'une manière nécessaire, associée à d'autres anomalies.

Ainsi, j'ai vu la cyclopie associée à l'exencéphalie.

[1] Ces considérations sont, à beaucoup plus forte raison, applicables aux monstres otocéphaliens, encore notablement plus rares que les cyclopes.

Le cœur était fréquemment modifié. L'anse cardiaque était généralement très volumineuse et présentait ses deux extrémités supérieure et inférieure beaucoup plus rapprochées que d'ordinaire. Dans certains cas elle était inverse; dans d'autres elle était double[1].

J'ai rencontré également plusieurs fois, dans la cyclopie, le défaut plus ou moins complet de segmentation des lames dorsales et, par suite, l'absence des proto-vertèbres, ainsi que la non-fermeture de la gouttière médullaire. Ces faits conduisent, par des transitions insensibles, à deux types de monstruosités omphalositiques, l'hétéroïdie et la céphalidie, dans lesquelles la tête est généralement affectée de cyclopie[2].

La polydactylie a été fréquemment observée chez les cyclopes appartenant à l'espèce humaine ou à la classe des mammifères. On peut donc supposer qu'il en est ainsi chez les cyclopes ornithologiques. Mais, comme tous les cyclopes que j'ai étudiés appartenaient à une époque antérieure à celle de l'apparition des doigts, je n'ai pu constater l'existence de cette complication chez les oiseaux.

§ 5.

L'anencéphalie consiste dans l'absence de l'encéphale, et l'absence, parfois partielle mais le plus souvent totale, de la moelle épinière. Ces anomalies du système nerveux s'accompagnent de l'absence de la voûte du crâne et de l'existence d'une fissure spinale dans toute la région du rachis où la moelle fait défaut. On donne le nom de *dérencéphales* à ceux de ces monstres chez lesquels la moelle ne manque qu'à la région cervicale, tandis qu'on réserve plus spécialement le nom d'*anencéphales* à ceux chez lesquels le système nerveux cérébro-spinal ne s'est point formé.

L'encéphale et la moelle épinière sont remplacés, pendant la vie embryonnaire, par une vaste poche remplie de sérosité. Le plus ordinairement, cette poche se déchire à une époque très avancée de la vie intra-utérine, ou au moins pendant l'accouchement. Dans ces cas, l'expulsion des eaux se produit à deux reprises différentes; une première fois, ce sont les eaux de l'amnios; une seconde, les eaux de la poche séreuse. Ce n'est que très exceptionnellement que ces poches persistent après la naissance.

[1] Le seul fait parfaitement authentique de dualité du cœur dans l'espèce humaine, a été observé par Collomb chez un otocéphale cyclope. Voir page 254.

[2] Voir le chap. VIII, § 4 de la 3e partie.

Par suite de l'absence de la voûte du crâne et de la partie postérieure du canal vertébral, la tête et le dos présentent après la rupture de ces poches une large gouttière, dont le fond est revêtu par une membrane de laquelle partent les nerfs. Cette membrane est ce qui reste des parois inférieures et latérales de la poche; la paroi supérieure, plus ou moins déchirée, n'est plus reconnaissable que par quelques fragments continus avec les parties de la peau qui s'arrêtent aux deux bords de la gouttière.

L'anencéphalie est relativement fréquente chez l'homme. Elle est exceptionnellement rare chez les mammifères. Toutefois elle y existe. J'ai décrit et figuré un cas d'anencéphalie partielle ou de dérencéphalie chez un chat qui présentait, d'ailleurs, d'autres monstruosités[1]. On l'a rencontrée, mais très rarement, chez les oiseaux. Au siècle dernier Winslow a figuré deux pigeons anencéphales[2]. J'ai eu moi-même occasion d'observer, il y a longtemps, un poulet dérencéphale. Ces oiseaux avaient atteint l'époque de l'éclosion, mais ils n'avaient pu éclore.

Je n'ai pu étudier qu'un très petit nombre d'embryons anencéphales pendant leur formation. Mais cela tient probablement à une condition, déjà signalée, des recherches tératogéniques : la très grande difficulté que l'on éprouve, dans bien des cas, à distinguer de l'état normal, l'état anormal à son début, lorsqu'il résulte d'un arrêt de développement. Je n'ai donc pu voir par moi-même toutes les phases de l'évolution des monstres anencéphales, et je suis obligé de compléter les lacunes de mes observations par des notions hypothétiques déduites de la connaissance des monstruosités voisines, et des faits généraux de l'embryogénie.

On a, dès le siècle dernier, expliqué l'anencéphalie, par l'hydropisie embryonnaire. Cette explication donnée par Marcot à propos d'un cas de pseudencéphalie avec augmentation de la sérosité encéphalique, fut appliquée par Morgagni aux véritables anencéphalies[3]. Elle a persisté jusqu'à nos jours. Toutefois cette hydropisie produirait chez l'embryon des désordres bien autrement graves que chez l'adulte, puisqu'elle détruirait et ferait disparaître des organes complètement formés, comme le système nerveux central, la voûte du crâne et les arcs vertébraux.

[1] Dareste, *Mémoire sur un chat iléadelphe à tête monstrueuse;* dans les *Ann. des sc. nat.*, 3e série, Zool.; t. XVIII, p. 81, 1852.

[2] Winslow, *Remarques sur les monstres,* dans les *Mémoires de l'Ac. des sc.*, 1739, pl. XXX, fig. 15 et 16.

[3] Morgagni, *De sedibus et causis morborum,* épist. 48, 49, 50.

Au commencement de ce siècle, Meckel[1], puis Ét. Geoffroy Saint-Hilaire expliquèrent autrement la formation de l'anencéphalie. Abandonnant la théorie pathologique, ils admirent que cette monstruosité consistait dans un arrêt de développement de l'encéphale, et qu'elle résultait par conséquent d'un fait purement tératologique. « Tout cerveau, toute moelle épinière ont un commencement qui est l'état ordinaire et permanent des anencéphales... Qu'on examine un poulet à la sixième journée de l'incubation, on le trouvera, sous le rapport du cerveau, présentant les traits d'un anencéphale, avec une poche très distendue et toute pleine d'un fluide aqueux à la région occipitale[2]. »

Lorsque j'ai découvert, en 1865, l'hydropisie embryonnaire et les faits tératologiques de l'aire vasculaire qui la déterminent, j'ai cru pouvoir lui attribuer la formation de l'anencéphalie. Mais cette explication était insuffisante[3]. L'hydropisie embryonnaire résulte du défaut de pénétration des globules dans le sang. Pour que les désordres produits par cet état pathologique puissent se réparer, il fallait donc admettre qu'à une certaine époque le sang se compléterait par l'adjonction des globules. J'avais donc pensé que ce fait serait le résultat de la formation des globules elliptiques qui ne proviennent pas de l'aire vasculaire, et que l'on croit se produire dans le foie ou dans la rate. Mais toutes mes observations sur l'hydropisie embryonnaire m'ont conduit à admettre que les désordres qu'elle entraîne ne peuvent se réparer, et amènent fatalement la mort de l'embryon[4]. Or l'anencéphalie, lorsqu'elle existe seule, n'empêche pas l'embryon d'atteindre l'époque de la naissance, comme on le voit par les anencéphales humains. Il fallait donc l'attribuer à une autre cause.

J'ai été ainsi conduit à admettre, avec Meckel et Geoffroy Saint-Hilaire, que l'anencéphalie résulte d'un arrêt de développement, comme c'est d'ailleurs le cas de presque toutes les monstruosités simples. Mais je comprends cet arrêt de développement d'une manière un peu différente.

En étudiant la fissure spinale[5], j'ai montré que le fait initial de cette anomalie est un arrêt de développement, partiel ou total, de la gout-

[1] Meckel, *Handbuch der pathologischen Anatomie*, t. I, p. 195 et suiv.

[2] Ét. Geoffroy Saint-Hilaire, *Philosophie anatomique*, t. II, p. 149.

[3] Dareste, *Sur le mode de production des monstres anencéphales*, dans les *Comptes rendus*, t. LXIII, p. 448. 1866.

[4] Voir page 301 et suiv.

[5] Voir le § 3, chap. III de la 3e partie.

tière médullaire, résultant du défaut de soulèvement des lames dorsales entre lesquelles elle se produit. Tantôt la gouttière ne se ferme pas, c'est le cas des tumeurs sacro-lombaires; tantôt elle se ferme, mais tardivement. Or il résulte de cette fermeture tardive que les parties ectodermiques qui doivent donner naissance aux éléments nerveux, au lieu de s'unir sur la ligne médiane comme dans l'état normal, n'occupent que la paroi inférieure et les parois latérales du tube médullaire, tandis que la paroi supérieure est formée par deux replis de l'ectoderme qui conservent toujours leur nature primitive. Ces deux replis montent de dehors en dedans jusqu'à leur rencontre sur la ligne médiane, puis ils divergent de dedans en dehors pour se continuer avec l'épiderme de l'embryon. Quant aux lames dorsales, qui se sont à peine soulevées, elles restent très écartées l'une de l'autre, et ne forment point, par leur réunion au-dessus du tube médullaire, la membrane unissante supérieure. Elles s'ossifient donc isolément des deux côtés des corps des vertèbres et ne forment point l'arc vertébral.

Le tube médullaire est alors beaucoup plus large que dans l'état normal. En outre, la lame ectodermique qui forme sa paroi inférieure et ses parois latérales, s'arrête dans son développement, et ne produit qu'une couche nerveuse de peu d'épaisseur. Il en résulte que la sérosité qui occupe la cavité du tube, sérosité qui diminue constamment dans l'état normal, sans pourtant disparaître d'une manière complète, continue à s'accumuler, et produit une véritable hydropisie, si l'on écarte de ce mot toute notion pathologique : car, il n'y a là, en réalité, que l'exagération d'un fait physiologique[1].

Ces faits peuvent se borner à certaines régions de la moelle. Dans d'autres cas, ils atteignent la moelle tout entière, et aussi l'encéphale qui en est l'épanouissement. Telle est l'origine de l'anencéphalie.

Toutefois, les faits ne se passent pas exactement de la même manière, dans les vésicules encéphaliques et dans la moelle hydropique. Dans l'état normal, la paroi supérieure de ces vésicules est transpa-

[1] J'ai montré (p. 330 et suiv.) que la moelle hydropique se distingue, à la vue simple, par un aspect particulier. Dans l'état normal elle présente deux rubans blancs accolés; dans l'anencéphalie, ces deux rubans sont séparés par un ruban transparent. Au contraire, dans les vésicules cérébrales, la partie supérieure est complètement transparente, et les rubans blancs n'existent que sur les bords. Dans l'otocéphalie seulement, la 3e vésicule ne présente pas de paroi supérieure transparente, mais deux rubans juxtaposés comme la moelle. Les deux rubans blancs sont les parties dans lesquelles la substance nerveuse s'est formée; les rubans transparents, celles qui ont conservé les caractères de l'ectoderme.



rente, pendant un certain temps, comme la paroi supérieure de la moelle hydropique, parce qu'elle conserve les caractères de l'ectoderme dont elle dérive, tandis qu'inférieurement et latéralement, la couche ectodermique s'épaissit par la formation de couches nouvelles qui deviennent le point de départ de la substance médullaire. Ce n'est que plus tard, que la paroi supérieure devient opaque, par suite de son épaississement et de la formation de la substance nerveuse. Dans cette première phase, les vésicules cérébrales sont alors absolument comparables aux poches anencéphaliques, ainsi que Geoffroy Saint-Hilaire en a fait la remarque[1].

La fermeture tardive de la gouttière médullaire au niveau des vésicules de l'encéphale a donc pour résultat d'augmenter leur diamètre transversal, sans modifier la structure de leurs parois. Et c'est ainsi que l'anencéphalie consiste essentiellement dans un arrêt de développement.

L'arrêt de développement de la vésicule anencéphalique arrête le développement du crâne. Dans l'état normal, les lames dorsales provenant des proto-vertèbres, ou de la partie mésodermique non segmentée qui leur est antérieure, émettent des prolongements qui, s'unissant au-dessus de l'axe cérébro-spinal, forment la membrane unissante supérieure. Cette membrane s'interpose entre la lame ectodermique qui deviendra la lame médullaire, et la lame ectodermique qui forme l'épiderme de la tête. Puis elle se partage elle-même en deux couches; une couche intérieure, origine des méninges; une couche extérieure, origine du crâne membraneux primitif[2].

Dans l'anencéphalie, cette membrane unissante ne se forme pas, sauf dans la partie tout à fait antérieure de la tête. On y rencontre, en effet, les frontaux et les pariétaux unis sur la ligne médiane; ces derniers, il est vrai, à l'état de rudiments. Partout ailleurs, au sommet de la tête, comme dans la région postérieure de la colonne vertébrale, les parois de la poche ne sont formées que par une membrane trans-

[1] Les embryogénistes ont fait peu attention à cette différence d'épaisseur entre les diverses parties des parois des vésicules encéphaliques. Je la vois cependant figurée par Balfour et Forster (*The elements of Embryology*, p. 95 et 110) et par Mathias Duval (*Recherches sur le sinus rhomboïdal des oiseaux;* dans le *Journal de l'anat. et de la physiologie* de Robin et Pouchet, 1877, pl. 3, fig. 2). Les considérations que je viens d'exposer montrent son importance.

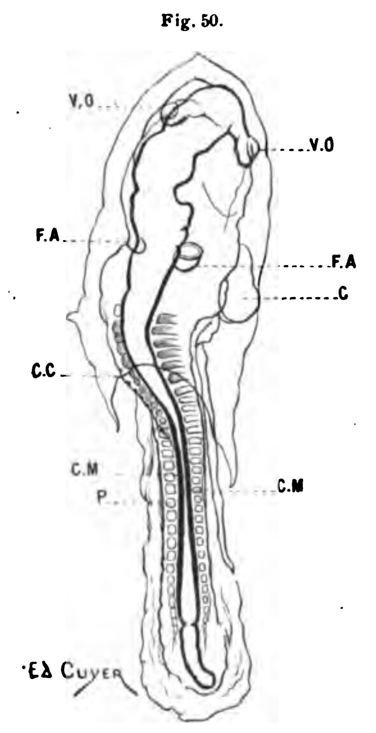
[2] J'ai attribué (p. 324) la formation du derme à la membrane unissante supérieure. Il paraît que cette formation est une production des lames latérales du mésoderme.



parente résultant de la lame ectodermique entre les deux couches de laquelle la membrane unissante n'a pas pénétré.

Il résulte de cet arrêt de développement du prolongement des lames dorsales que le crâne ne se forme qu'en partie, et que sa voûte manque presque entièrement. On retrouve cependant toutes les pièces qui la constituent; mais elles sont considérablement réduites, et rejetées latéralement. On en trouvera la description dans les mémoires des tératologistes, particulièrement dans ceux de Geoffroy Saint-Hilaire[1].

Fig. 50.



Embryon anencéphale dessiné d'après nature. La tête est complètement recouverte par le capuchon céphalique. — V.O, vésicules optiques; F.A, fossettes auditives; C, cœur; C.C, cap. céphalique; C.M, cordons médullaires; P, proto-vertèbres.

Il est impossible, dans l'état actuel de la science, de rattacher à une cause précise le fait initial de l'anencéphalie, c'est-à-dire la formation incomplète et la fermeture tardive de la gouttière médullaire. Évidemment ce fait se produit avant la formation du capuchon céphalique. Toutefois, si l'amnios n'intervient pas au début, il est évident pour moi qu'il exerce un rôle considérable dans l'évolution de cette monstruosité. Il est impossible que la poche anencéphalique distendue par la sérosité ne vienne pas buter contre le capuchon céphalique, et se comprimer plus ou moins contre lui, même sans que cette partie de l'amnios soit arrêtée dans son développement. Et si l'amnios est arrêté dans son développement, cette compression sera plus considérable encore. On doit donc admettre que les diverses déformations de la tête des anencéphales résultent, en grande partie, de cette cause. La plus remarquable est la disparition des étranglements qui séparent les vésicules

[1] Lallemand, *Observations pathologiques*, 1818. — Geoffroy Saint-Hilaire, *Philosophie anatomique*, t. II, p. 23.

les unes des autres, et leur transformation en une poche unique et d'un grand volume.

Cette compression exercée par l'amnios a été souvent niée, dans ces derniers temps. Je la considère comme bien évidente, et je dois ajouter que M. Perls, qui a fait récemment une étude spéciale de l'anencéphalie, est arrivé au même résultat[1]. Il fait remarquer que si l'accumulation de sérosité dans les vésicules de l'encéphale était la cause de l'anencéphalie, la surface interne de la poche serait partout concave par suite de l'égalité de pression en tous sens exercée par le liquide tandis que, dans l'anencéphalie, la base du crâne présente une surface en partie convexe. Ce dernier fait s'explique parce que la pression provient de l'extérieur, et ne se produit que postérieurement à la formation de la base du crâne.

Il me paraît également très probable que c'est la pression exercée par l'amnios qui arrête le développement de la lame ectodermique qui forme le fond de la gouttière. Dans l'état normal, cette lame s'épaissit peu à peu, par la formation de couches nouvelles de cellules, et elle produit les éléments histologiques du système nerveux, qui diminuent les cavités de l'axe cérébro-spinal, mais sans les faire disparaître. Dans l'anencéphalie, cette lame, tout en produisant une couche d'éléments nerveux, s'arrête de très bonne heure[2].

Il faut encore ajouter que, lorsque l'on étudie les anencéphales, on constate bien souvent l'association à l'anencéphalie d'anomalies et de

[1] Perls, *Lehrbuch der allgemeinen Pathologie*, t. II, p. 382.

[2] Les anatomistes qui ont décrit les anencéphales et signalé le fait singulier de la terminaison des nerfs dans les parois de la poche, ont admis que ces parois seraient constituées par les méninges, et que la formation des nerfs périphériques serait ainsi complètement indépendante du système nerveux central. Mais aujourd'hui les embryogénistes admettent généralement que les nerfs périphériques sont une production du système nerveux. Les observations de MM. Tourneux et Martin nous ont appris que, dans la fissure spinale, la partie de l'ectoderme qui revêt la partie non fermée de la gouttière médullaire, devient très rapidement une couche qu'ils appellent *nappe médullaire*, couche formée d'éléments nerveux et d'où proviennent un certain nombre de nerfs périphériques (voir page 325). Il me paraît donc très probable que, dans l'anencéphalie, toute la partie de la lame ectodermique qui forme le revêtement de la partie inférieure de la gouttière se transforme très rapidement en une couche nerveuse comparable à la nappe médullaire de la fissure spinale. Sans doute, il serait possible de décider la question par l'étude histologique des membranes qui revêtent la poche anencéphalique. Mais la naissance des anencéphales est un fait très exceptionnel, et, par conséquent, leur étude est entièrement subordonnée au hasard. Je ne puis donc que signaler cette question aux anatomistes qui auraient occasion d'étudier ces monstres à l'état frais.



monstruosités qui sont incontestablement pour moi le résultat d'une compression exercée par l'amnios arrêté dans son développement. Telles sont, par exemple, les déviations de la colonne vertébrale[1], déviations qui peuvent être portées à un degré extrême. J'ai déjà parlé d'un anencéphale, conservé au musée Dupuytren, dont la tête, renversée en arrière, était venue se souder avec le sacrum[2]. La célosomie est aussi fréquemment associée à l'anencéphalie, et elle s'accompagne toujours d'un arrêt de développement de l'amnios.

Il me reste, pour terminer cette étude, à parler d'une complication qui se présente parfois dans l'anencéphalie, et qui consiste dans la division longitudinale de la partie antérieure de la colonne vertébrale et, par conséquent, d'un certain nombre de corps de vertèbres. Cette division est plus ou moins étendue. Dans un cas d'anencéphalie que j'ai observé, elle s'étendait depuis la région cervicale jusqu'à la fin de la région lombaire.

J'ai cru d'abord que cette division de la colonne vertébrale résultait d'une déchirure accidentelle[3] qui aurait, à une certaine époque, divisé une partie de l'embryon en deux moitiés, sur la ligne médiane qui est la ligne de moindre résistance.

Les corps des vertèbres se forment par l'union sur la ligne médiane des proto-vertèbres primitivement séparées par la corde dorsale. Ces proto-vertèbres s'unissent par des prolongements qui passent en avant et en arrière de la corde, et lui forment un revêtement complet. On conçoit donc comment, avant cet investissement de la corde dorsale, une déchirure puisse se produire sur la ligne axile de l'embryon, au fond de la gouttière médullaire, et écarter l'un de l'autre ses deux bords, c'est-à-dire les deux séries des proto-vertèbres.

Mais de nouvelles études m'ont conduit à supposer que cette division antérieure de la colonne vertébrale pourrait comporter une autre explication.

Rauber a montré que la gouttière primitive de l'oiseau était l'analogue de l'anus de Rusconi des batraciens, et du blastopore des poissons[4]. Cette opinion de Rauber est généralement acceptée par les embryogénistes. Mais la gouttière primitive est une fente dont les

[1] Voir p. 333.
[2] Voir p. 205.
[3] Voir la première édition, p. 259.
[4] Rauber, *Primitifstreifen und Neurula der Wirbelthiere in normaler und pathologischer Beziehung*, 1877.

bords sont réunis, tandis que l'anus de Rusconi et le blastopore forment des ouvertures circulaires ou elliptiques, On admet que cette différence résulte de la soudure très précoce, chez les oiseaux, des bords de cette ouverture dont l'existence n'aurait qu'une durée excessivement courte. Mais il est possible que, dans certains cas, cette ouverture persiste pendant un temps beaucoup plus long par le fait d'un arrêt de développement. Mathias Duval a expliqué ainsi l'existence de deux ouvertures placées à la partie inférieure d'un monstre double en voie de formation, et dans lequel il y aurait eu deux gouttières primitives et une seule gouttière médullaire[1]. J'ai moi-même, en étudiant des embryons qui présentaient une fente médiane, constaté parfois que les bords de cette fente étaient parfaitement nets, et que, par conséquent, au moins dans certains cas, l'idée d'une déchirure, que j'avais cru d'abord pouvoir admettre, n'était pas admissible. Je suis donc conduit à penser qu'alors la gouttière primitive reste ouverte et que ses deux bords conservent un certain degré d'écartement.

La permanence de la gouttière primitive, sous la forme d'une ouverture oblongue, serait donc la cause de la division longitudinale du rachis. Rappelons en effet que la gouttière primitive occupe, à un certain moment, la ligne médiane presque tout entière de l'aire transparente, puis qu'elle disparaît peu à peu d'avant en arrière. Cette régression de la gouttière primitive s'accompagne, comme Dursy l'a montré[2], de la formation de la gouttière médullaire qui se produit d'abord en avant d'elle, puis qui s'étend peu à peu d'avant en arrière, en occupant toute la région qu'elle abandonne dans son mouvement de recul. La partie céphalique de la gouttière médullaire se produit entièrement en avant de la gouttière primitive. Mais la partie somatique, indiquée par l'existence des proto-vertèbres, se produit dans la région du blastoderme qui est abandonnée par la ligne primitive.

Il est dès lors facile à comprendre, comment la permanence de la gouttière primitive sous la forme d'une ouverture, et son défaut de recul, ont pour effet de maintenir écartées les deux lames dorsales qui forment les bords de la gouttière médullaire. Dans ces conditions, ces deux lames se constituent isolément en proto-vertèbres, et le rachis dans sa partie antérieure présente une division qui correspond à toute l'étendue de la fente produite par la gouttière primitive.

[1] Mathias Duval, *Bulletin de la Société de biologie*, mai 1880.
[2] Dursy, *Der Primitifstreif des Hühnchens*, 1866.

Assurément cette explication n'est encore qu'une hypothèse, mais une hypothèse très vraisemblable. J'ai tout lieu de croire qu'elle sera vérifiée par les observations ultérieures[1]. Mais n'oublions pas qu'en tératogénie, il n'est pas en notre pouvoir d'observer les faits quand nous le voulons; il faut attendre qu'ils se présentent à notre étude.

Il est très possible qu'un cas de ce genre ait donné lieu à une théorie célèbre de Serres. Ce savant anatomiste, guidé par des idées préconçues, avait cru pouvoir admettre la dualité primitive de tous les organes du corps[2]. A une époque avancée de sa carrière, il crut avoir trouvé, dans l'observation d'un blastoderme, la réalisation de sa théorie. Je dois ici laisser la parole à Giraldès, mon collègue regretté de la Société d'anthropologie qui, dans une communication faite à cette Société, nous a donné les explications suivantes sur cette observation.

« M. Serres, qui, par ses travaux, a contribué à donner une certaine impulsion à l'embryogénie, procédait souvent dans ses études par des idées préconçues; il supposait que l'embryon se développait par deux sacs embryonnaires s'adossant l'un à l'autre pour venir former la ligne primitive. Voulant reprendre ses travaux, il me chargea de faire avec lui des études d'embryologie. Voulant examiner la composition microscopique de la ligne primitive de l'embryon, je pris un jour la

[1] Tout récemment, Klaussner (*Mehrfachbildungen bei Wirbelthieren*, Munich, 1890, p. 53, pl. XII, fig. 64) a décrit et figuré un embryon de poule qui, selon toute apparence, présentait un cas de ce genre. Mais cet embryon était très altéré, et, par suite, la figure donnée par Klaussner est trop incomplète pour pouvoir nous renseigner exactement.

[2] La dualité primitive de tous les organes de l'embryon, et leur formation par deux moitiés primitivement séparées, sont assurément des faits très généraux, mais qui cependant ne s'appliquent pas à l'universalité des organes. Le feuillet ectodermique et le feuillet entodermique sont continus dès leur origine. La partie invaginée de l'ectoderme qui constitue l'axe nerveux cérébro-spinal est simple dans sa partie inférieure. Sa partie supérieure seule est formée par l'accolement et la soudure de deux plis ectodermiques. Quant au mésoderme, sa partie axile ou la corde dorsale est simple dès son origine. Les idées de Serres ne sont donc qu'en partie applicables aux faits embryogéniques.

Maintenant il peut se faire que par suite d'une division primitive, un organe qui normalement aurait été simple soit partagé en deux moitiés. Tel est, très probablement, le cas de la corde dorsale dans les anencéphales avec division antérieure du rachis. Dans le cas de permanence de la gouttière primitive, la corde dorsale, simple dans la région céphalique, sera divisée en deux moitiés dans la région somatique. Les parties du mésoderme qui devaient lui donner naissance étant préalablement divisées, chacune de ces parties se constituera isolément en une moitié de corde dorsale. C'est l'application d'une loi générale qui domine l'embryogénie normale et tératologique, en vertu de laquelle un blastème quelconque produit toujours certains éléments, et ceux-là seulement.

cicatricule d'un œuf de poule que je plaçai sur une lame de verre pour l'examiner au microscope; par malheur la couveuse avait été trop chauffée, si bien que la cicatricule se partagea par le milieu en deux parties égales. M. Serres s'émerveilla de ce résultat, qu'il cherchait, disait-il, depuis longues années, et qui lui permettait de démontrer la réalisation de sa théorie; il alla plus loin, et il s'empressa de lire, à l'Académie des sciences, une note sur *le zéro de l'embryogénie*, en s'appuyant sur le fait en question, qu'il attribuait à la grande habileté de son prosecteur. Or, si cet observateur avait été moins prévenu par ses idées théoriques, il y aurait regardé de plus près, et se serait bien aperçu de la cause réelle du fait qui l'avait émerveillé[1]. »

Dans la première édition de ce livre, j'avais complètement accepté l'opinion de Giraldès. Aujourd'hui, je dois être plus réservé, car je puis supposer qu'il y avait dans cette cicatricule une anomalie de la gouttière primitive.

Les considérations que je viens de présenter pour expliquer la division longitudinale de la partie antérieure du rachis sont toutes empruntées aux notions que nous possédons sur l'embryogénie des oiseaux. On peut donc se demander si elles sont applicables à l'homme, question d'autant plus intéressante que cette anomalie n'a été, jusqu'à présent, rencontrée que dans les anencéphales humains. Or tout ce que nous savons sur la gouttière primitive des mammifères, — et l'homme, au point de vue de son organisation matérielle, est un mammifère —, est en concordance parfaite avec ce que nous savons chez les oiseaux. Il est donc tout naturel de penser que la division antérieure du rachis chez l'homme se rattache au défaut de formation de la gouttière primitive.

Cette explication paraît d'ailleurs être en rapport avec certains faits tératologiques observés chez les poissons par Lereboullet[2], et qui ont été étudiés de nouveau par Oellacher et par Rauber. Lereboullet avait rencontré des embryons de brochets qui présentaient une extrémité céphalique et une extrémité caudale séparées par deux corps écartés l'un de l'autre. Il les considérait comme des monstres doubles. Mais il avait constaté que ces corps n'étaient que des demi-corps, ne possédant qu'une seule série de proto-vertèbres. Dans la première édition

[1] *Bulletins de la Société d'anthropologie*, 2e série, t. IX, p. 206. 1874.

[2] Lereboullet, *Recherches sur les monstruosités du brochet observées dans l'œuf et sur leur mode de production;* dans les *Ann. des sc. nat.*, 4e série, Zool., t. XX, p. 218 et suiv.

de ce livre[1], j'avais émis l'idée que ces embryons n'étaient ni des monstres doubles, ni même des monstres simples, mais des embryons qui auraient été divisés suivant la ligne médiane, dans une étendue plus ou moins grande, exactement comme je l'ai supposé à une certaine époque pour les anencéphales avec division antérieure du rachis. Mais je n'avais pu me prononcer d'une manière catégorique, faute d'observations personnelles. D'ailleurs, j'ignorais qu'Oellacher avait publié, deux années auparavant, des observations semblables sur des embryons de salveline (*Salmo salvelinus*), et qu'il avait expliqué ces faits par une déchirure longitudinale[2]. Plus tard, de nouvelles observations ont conduit Rauber à d'autres idées[3]. Il admet que la division longitudinale du rachis ches les embryons observés par Lereboullet est le résultat d'un arrêt de développement. Lereboullet avait déjà signalé la permanence du trou vitellin (*Dotterloch*) entre les deux demi-corps. Or, le trou vitellin, par lequel se produit, chez les poissons, la fermeture du sac blastodermique, est en même temps le blastopore, c'est-à-dire l'analogue de la gouttière primitive. La permanence de ce trou maintient écartées les deux moitiés du tronc interposées entre la tête et la queue. Ainsi donc, les anomalies de ces embryons pourraient s'expliquer, soit par une déchirure accidentelle, soit par un arrêt de développement, de même que la division longitudinale du rachis chez les anencéphales : car il est très probable que ces faits sont de même nature. Je ne saurais donc trop engager les embryogénistes qui s'occupent de pisciculture à étudier cette question d'une manière complète. Elle est très intéressante, non seulement pour la tératogénie des poissons; mais aussi, comme je viens de le montrer, pour la tératogénie humaine.

[1] Voir la première édition, p. 260.

[2] Oellacher, *Terata mesodidyma von Salmo salvelinus*; dans les *Bulletins de l'Ac. des sc. de Vienne*, 1873, t. XXVIII, p. 299.

[3] Rauber, *Primitifstreifen und Neurula*, p. 27. Il est revenu sur cette question, d'après des observations personnelles, dans un grand mémoire qu'il a publié en 1877 dans les *Archives* de Virchow, sous ce titre : *Die Theorien der excessiven Monstra.*

Dans ces mémoires, Rauber désigne les embryons à division médiane observés par Lereboullet sous le nom de *Terata hemididyma.* Oellacher les désignait sous celui de *Terata mesodidyma.* Ces dénominations ont été faites d'après les principes de la nomenclature imaginée par Forster pour les monstres doubles. Ce tératologiste désigne par le nom de *Terata anadidyma*, les monstres doubles à duplicité antérieure; par celui de *Terata catadidyma*, les monstres doubles à duplicité postérieure; par celui de *Terata anacatadidyma*, les monstres doubles à duplicité antérieure et postérieure. Voir Forster, *Die Missbildungen des Menschen.*



§ 6.

La famille des monstres pseudencéphaliens rappelle, à bien des égards, par sa conformation, la famille des monstres anencéphaliens, et aussi celle des monstres exencéphaliens que nous étudierons dans le paragraphe suivant. Ces trois familles diffèrent l'une de l'autre parce que l'encéphale est remplacé, chez les anencéphaliens, par une poche remplie de sérosité, et chez les pseudencéphaliens, par une tumeur vasculaire; tandis que, chez les exencéphaliens, il existe, mais avec un déplacement apparent.

La pseudencéphalie, relativement fréquente dans l'espèce humaine, ne s'est presque jamais rencontrée dans mes recherches tératogéniques : ce qui résulte, très probablement, moins de sa rareté que de la difficulté de la reconnaître pendant les premières périodes de la vie embryonnaire. Il serait donc difficile d'établir sa genèse, si je ne suppléais au manque de notions directes par des notions indirectes tirées de la genèse de l'exencéphalie que j'ai pu étudier sur un nombre très considérable d'embryons. Je traiterai donc la formation de la pseudencéphalie en même temps que celle de l'exencéphalie, et je ne m'occuperai actuellement que de l'histoire de la tumeur vasculaire qui, chez les monstres pseudencéphaliens, remplace l'encéphale.

N'ayant jamais eu l'occasion de disséquer de pareilles tumeurs, je suis obligé, pour faire connaître leur structure, de rappeler les paroles même d'Is. Geoffroy Saint-Hilaire.

« En examinant avec soin la tumeur vasculaire d'un monstre nosencéphalien[1], on y distingue trois sortes de parties, des vaisseaux qui forment la portion constante et principale de la tumeur, des amas de sérosité dont l'existence est assez ordinaire, et quelques vestiges encéphaliques, ce qui est plus rare.

« Les vaisseaux, qui composent la plus grande partie et quelquefois la totalité de la tumeur, sont surtout remarquables par l'abondance du sang dont ils sont gorgés. L'ensemble de la tumeur est toujours, à la surface comme dans l'intérieur de son tissu, d'un rouge foncé semblable à celui d'un caillot récemment formé, et la moindre déchirure de la membrane mince et transparente qui la recouvre, laisse échapper du sang. A l'intérieur, outre ces lacis de vaisseaux très ténus et peu distincts qui se présentent, quand on les incise, sous

[1] La nosencéphalie est un type particulier de la pseudencéphalie. Voir plus loin l'histoire des monstres exencéphales.

la forme d'un tissu spongieux criblé de petits trous, on aperçoit quelques branches vasculaires assez grosses pour que leur injection soit facile; ces branches sont : les unes, des artères qui s'ouvrent dans les carotides et les vertébrales; les autres, des veines communiquant avec les sinus, et tous les petits vaisseaux sont évidemment des ramuscules artériels et veineux de ces branches principales. Au centre de la tumeur existe ordinairement une petite cavité dans laquelle on trouve du sang épanché, et de plus, chez quelques sujets, et surtout chez ceux dont la tumeur est volumineuse, un amas de sérosité, tantôt limpide, tantôt colorée par son mélange avec un peu de sang...

« L'écoulement de la sérosité et du sang épanché a nécessairement lieu quand on ouvre les vésicules. La tumeur qui, dans son état naturel, est gonflée, dure au toucher et saillante, perd alors sa forme primitive, s'amollit, s'affaisse et se réduit à un petit volume. La dessiccation ou même un long séjour dans l'alcool en diminuent aussi, d'une manière notable, le volume, en même temps qu'ils en altèrent la structure et la couleur[1]. »

L'élément principal de ces organes tératologiques consiste donc en un tissu vasculaire, dont les caractères rappellent très exactement celui du tissu des corps caverneux dans l'anatomie normale, et celui des tumeurs dites *érectiles* dans l'anatomie pathologique. Assurément, je ne suis pas en mesure d'affirmer l'identité de ces tissus; mais je puis, du moins, signaler leur très grande analogie. On peut d'ailleurs la constater en comparant deux dessins donnés par J. Müller, dans son mémoire sur les tumeurs, et qui reproduisent, l'un, l'aspect d'une coupe prise sur une semblable tumeur encéphalique; l'autre, l'aspect d'une coupe prise sur une tumeur érectile de la face[2].

A l'époque de la publication de la première édition de ce livre, je ne connaissais le mode de formation des tumeurs pseudencéphaliques ni par mes observations personnelles, ni par celles d'autres embryogénistes. Actuellement il n'en est plus de même par suite des travaux d'Oellacher et de Lebedeff.

Oellacher a vu, dans un embryon de poulet couvé pendant quatre jours, une disposition particulière de la moelle, dans la région dorsale.

[1] Is. Geoffroy Saint-Hilaire, *Traité de tératologie*, t. II, p. 337.

[2] Le dessin donné par J. Müller est le seul, à ma connaissance, dans lequel on ait figuré la texture d'une tumeur pseudencéphalique. Malheureusement Müller n'en a pas donné la description. Elle devait faire partie de la seconde livraison de son ouvrage sur les tumeurs, livraison qui n'a pas été publiée. Voir Müller, *Ueber den feineren Bau und die Formen der krankhaften Geschwülste*, pl. III, fig. 16 et 17.



Au lieu de présenter une seule cavité, elle était partagée par des cloisons longitudinales en plusieurs cavités disposées parallèlement. En un certain point, ces cavités étaient au nombre de cinq. Ce fait, publié en 1875, a passé longtemps inaperçu[1].

En 1881, Lebedeff a repris la question, et il a décrit un certain nombre de faits analogues, observés chez des embryons de poulet, et même aussi dans un très jeune embryon humain. La lame médullaire, au lieu d'avoir une surface unie, était plissée dans tous les sens, et ses plis pénétraient dans la couche mésodermique sous-jacente. Elle était, par conséquent, transformée en un nombre très considérable de cavités, tantôt communiquant ensemble, et tantôt fermées et formant des espèces de kystes[2].

J'ai eu plusieurs fois occasion d'observer de semblables faits. L'étude de la nappe médullaire, dans la fissure spinale, m'a montré plusieurs fois un plissement tout à fait comparable à celui qui a été décrit par Lebedeff. C'était évidemment le point de départ de tumeurs analogues aux tumeurs pseudencéphaliques, mais très restreintes et n'occupant qu'une faible partie de la moelle[3].

Comment ces tissus ainsi produits par le plissement de la lame médullaire et de la pie-mère qui lui est sous-jacente, donnent-ils naissance à des tumeurs sanguines ? La formation de tumeurs sanguines pendant la vie pourrait évidemment nous renseigner sur la genèse des tumeurs sanguines congénitales, telles que les tumeurs pseuden-

[1] Oellacher, *Ueber einen Fall partieller Multiplicität des Rückenmarkes in einem viertägigen Hühnerembryo;* dans *Berichte der naturw. med. Vereins.* Inspruck, t. IV, 1875.

[2] Lebedeff, *Ueber die Entstehung der Anencephalie und der Spina bifida bei Vögeln und Menschen;* dans *Virchow's Archiv.* 1881, t. 86, p. 273.

Contrairement au titre de ce travail, Lebedeff ne s'occupe pas de la véritable anencéphalie, mais bien de la pseudencéphalie. Il considère l'anencéphalie comme dérivant de la pseudencéphalie, par la disparition des cloisons formées par la lame médullaire, et la transformation des cavités qu'elles délimitent en une cavité unique qui se remplit de sérosité. Mais si cela était, on devrait retrouver toutes les transitions possibles entre ces deux monstruosités. Il n'y a, en tératologie, aucun fait de cette nature.

Lebedeff considère les déviations du rachis comme étant le fait initial de l'anencéphalie (pseudencéphalie). Assurément ces déviations se rencontrent fréquemment avec la pseudencéphalie, mais ce n'est qu'une simple coexistence. Ce sont les effets d'une même cause, l'arrêt de développement de l'amnios. Lebedeff nie le rôle tératogénique de l'amnios. Je comprends d'autant moins cette dénégation, qu'il a figuré un embryon pseudencéphale, sur la tête duquel l'amnios est immédiatement appliqué (*loc. cit.*, pl. VIII, fig. 10).

[3] Voir page 331.

céphaliques. Malheureusement, si l'anatomie pathologique nous fait connaître très exactement la constitution des tumeurs vasculaires, elle ne nous a encore rien appris sur leur origine.

Mes observations sur la genèse du tissu vasculaire des tumeurs pseudencéphaliques sont encore très incomplètes. Mais elles nous donnent dès à présent d'utiles indications pour guider les tératologistes dans la recherche des faits.

On sait que la pie-mère est, de très bonne heure, dans l'embryon du poulet, le siège d'un réseau de vaisseaux capillaires, réseau qui communique avec le cœur par les artères carotides et les veines cardinales supérieures.

La formation de ce réseau de vaisseaux capillaires est très rapide. Toutefois, quand on l'observe à ses débuts, à la loupe et même à la vue simple, on voit d'abord des points rouges isolés qui précèdent les lignes rouges qui le constituent plus tard. Ces points rouges sont très probablement des îles de sang, tout à fait comparables à celles de l'aire vasculaire, et ils ne tardent pas à s'unir entre eux par des prolongements anastomotiques. Ce fait a été déjà indiqué par Haller[1]; mais ce grand physiologiste qui avait adopté complètement la doctrine de la préexistence des germes, et qui, par conséquent, croyait à l'existence primordiale des vaisseaux dans l'embryon, n'avait pas compris la signification de ce fait dont je n'ai retrouvé l'indication dans aucun des traités sur l'embryogénie du poulet qui ont été publiés depuis sa mort. On attribue généralement la formation des vaisseaux capillaires de l'embryon, à l'extension des vaisseaux de l'aire vasculaire. Pour ma part, en me fondant sur les observations de Haller et sur les miennes, je crois que les vaisseaux capillaires de la pie-mère se forment sur place, comme ceux de l'aire vasculaire, et qu'il en est de même pour tous les réseaux de vaisseaux capillaires qui se produisent dans l'embryon[2].

[1] HALLER, *Opera minora*, t. II, p. 404. — Die tertio in capite, primo puncta apparent rubentia, tum striæ, quæ non multo tempore interlapso in lineas coeunt.

[2] On n'a, jusqu'à présent, que très peu étudié la formation des réseaux de vaisseaux capillaires, en dehors de celui qui constitue l'aire vasculaire de l'embryon de la poule. Le seul travail que je connaisse, à ce sujet, est celui de M. Ranvier. Il a constaté, dans l'épiploon des lapins nouveau-nés, une formation de réseaux des vaisseaux capillaires, absolument indépendante de la circulation générale. (RANVIER, *Traité technique d'histologie*, 2e édition, p. 476.) Ce fait confirme pleinement ma manière de voir. Partant de ces observations, MM. Cornil et Ranvier admettent l'origine indépendante des réseaux de vaisseaux capillaires que l'on observe dans certaines formations pathologiques, comme les fausses

Il est moins facile d'établir comment le tissu vasculaire des tumeurs pseudencéphaliques provient du réseau des vaisseaux capillaires de la pie-mère. Toutefois quelques observations que j'ai faites permettent peut-être de répondre à la question. Les éléments des tumeurs vasculaires sont tantôt des vaisseaux capillaires, considérablement dilatés, et tantôt des lacunes sanguines, plus ou moins considérables, et comparables à celles des corps caverneux. Le premier cas ne présente évidemment aucune difficulté. Il n'en est pas de même du second.

Nous ne connaissons pas le mode de formation des corps caverneux. Pour ma part, je me suis demandé depuis longtemps si la formation des lacunes sanguines qui les constituent ne dépendrait pas d'une modification des îles de sang comparable à celle que j'ai décrite dans un chapitre précédent[1]. J'ai montré que, dans certains cas, ces îles n'émettent pas de prolongements anastomotiques et qu'alors elles se dilatent et prennent un volume souvent énorme. Dans ces conditions, elles arrivent souvent à se juxtaposer et à former de vastes lacunes par la disparition partielle de leurs parois. Or, j'ai constaté parfois, dans la pie-mère, des taches rouges beaucoup plus volumineuses que celles que j'ai précédemment signalées, et que je considère comme comparables aux îles de sang dilatées de l'aire vasculaire. Ces îles de sang dilatées ne peuvent-elles, comme celles de l'aire vasculaire, s'unir ensemble par leurs parois et former de grandes lacunes sanguines, comme je l'ai décrit et figuré[2] ? Et

membranes produites par les phlegmasies des membranes séreuses. (Cornil et Ranvier, *Manuel d'histologie pathologique*, 2e édition, t. I, p. 124). M. Malassez a observé des faits analogues dans les tumeurs à myéloplaxes.

J'ai tout lieu de croire que ces faits se généraliseront, et que l'on constatera l'existence, dans l'organisation des animaux vertébrés, d'un nombre plus ou moins considérable de réseaux de vaisseaux capillaires formés d'une manière tout à fait indépendante, puis s'anastomosant entre eux pour constituer l'appareil de la circulation générale, Cette question est d'autant plus intéressante que ces réseaux de vaisseaux capillaires sont autant de foyers de production des globules sanguins, foyers qui se produiraient ainsi dans un grand nombre de points de l'organisation. Je dois rappeler à cette occasion que, les observations de Neumann (*Ueber die Bedeutung des Knochenmarkes für die Blutbildung*, dans *Centralbl.*, 1868, p. 689) et de Malassez (*Sur l'origine et la formation des globules rouges dans la moelle des os. Archives de physiologie*, 1882, t. IX, p. 1) nous ont appris, dans ces dernières années, que la moelle des os longs constitue un de ces foyers de production des globules.

[1] Voir le chap. II, § 4 de la 3e partie.

[2] Voir l'Atlas, pl. V.



n'est-ce point par la formation de semblables lacunes que se constitue, dans l'état normal, le tissu des corps caverneux, et, dans l'état pathologique, les cavités plus ou moins volumineuses que présentent parfois les tumeurs vasculaires? Assurément ce n'est là qu'une hypothèse, mais une hypothèse qui me paraît rendre très exactement compte des faits. Je dois appeler sur elle l'attention des embryogénistes.

§ 7.

La famille des monstres exencéphaliens ressemble beaucoup à la famille des monstres pseudencéphaliens. La conformation de la tête osseuse est la même. La seule différence entre ces deux familles, c'est l'existence de l'encéphale dans la première, et son remplacement par une tumeur vasculaire dans la seconde.

Dans mes expériences tératogéniques, j'ai rencontré assez fréquemment les monstres exencéphaliens; très rarement, au contraire, les monstres pseudencéphaliens[1]. Toutefois il n'est pas impossible que cette différence de fréquence fût plus apparente que réelle : car il doit être très difficile de distinguer les monstres exencéphaliens et les monstres pseudencéphaliens au moment où ils commencent à se former. Mais, quoi qu'il en soit, j'ai pu, par de nombreuses observations, découvrir la genèse des monstruosités exencéphaliques, et aussi celle des monstruosités pseudencéphaliques, soit que j'aie observé directement la formation de ces dernières, soit que je la déduise de celle des monstruosités exencéphaliques.

Avant mes recherches, on n'avait étudié les monstres exencéphaliens que dans l'espèce humaine et après la naissance. Comme, chez eux, une partie plus ou moins considérable de l'encéphale paraît être en dehors du crâne, on considérait les diverses formes de l'exencéphalie comme des hernies de l'encéphale qui aurait violemment écarté les deux moitiés de la voûte du crâne, dans une étendue plus ou moins considérable, et se serait fait jour au travers de l'ouverture ainsi produite. Les tumeurs exencéphaliques sont d'ailleurs, dans l'espèce humaine, presque toujours accompagnées d'amas plus ou moins considérables de sérosité accumulée soit dans les ventricules de l'encéphale, soit dans les méninges. On a pensé que cette accumulation de sérosité, ou cette hydropisie, en augmentant le volume de l'encéphale, produi-

[1] Voir dans l'atlas la planche XII, qui contient un certain nombre d'exencéphalies et de pseudencéphalies.



sait ces différents désordres, la rupture de la boîte cranienne et le déplacement d'une partie de l'encéphale.

Mais cette théorie, si plausible qu'elle soit, ne repose que sur une apparence. Dans l'exencéphalie, mes observations me l'ont appris, l'encéphale n'est point en dehors du crâne. Mais le crâne, par suite d'une modification profonde dans sa forme, est frappé d'arrêt de développement dans une partie plus ou moins grande de sa paroi supérieure ou de la voûte qui conserve ainsi les caractères de la membrane unissante supérieure dont elle provient; tandis que la paroi inférieure continue à se développer et se transforme peu à peu en cartilage et en os.

J'ai constaté que cette déformation du crâne provient de l'arrêt de développement de l'amnios, arrêt de développement qui a pour résultat d'amener la compression de la tête. Cela peut d'ailleurs se produire de deux façons. Tantôt le capuchon céphalique manque complètement; alors la tête vient se comprimer contre la coquille. Tantôt le capuchon céphalique existe, mais arrêté dans son développement; alors il reste appliqué contre la tête, au lieu de s'en écarter, comme dans l'état normal; il la déforme par la compression qu'il exerce sur elle, et il maintient, partiellement, l'état membraneux du crâne.

Fig. 51.

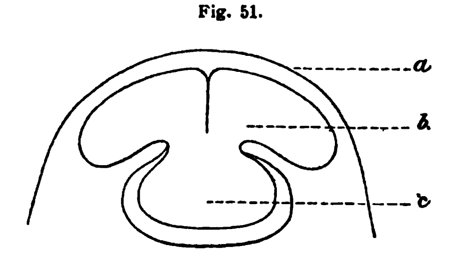


Schéma représentant la coupe d'une vésicule encéphalique comprimée par l'amnios. *a*, amnios. *b*, partie supérieure de la vésicule encéphalique comprimée et simulant une hernie. *c*, partie inférieure de la vésicule encéphalique, qui n'a pas subi l'action de la compression.

Cette déformation présente un caractère remarquable. A l'époque où elle se produit, la tête est constituée par les vésicules encéphaliques presque entièrement remplies par la sérosité primitive; vésicules qui sont elles-mêmes recouvertes par les lames mésodermiques de la tête et par les prolongements qui les unissent (membrane unissante supérieure) ainsi que par l'épiderme. Or la pression s'exerce sur la partie supérieure de ces vésicules, tandis qu'elle n'atteint pas la partie inférieure. Il en résulte que la partie supérieure déborde de tous côtés la partie inférieure, en formant un sillon qui les sépare, sillon plus ou moins profond et dont on verra l'importance.

En effet, toute la partie du crâne membraneux inférieure au sillon

de séparation se transforme, comme dans l'état normal, en cartilage puis en os ; toute la partie du crâne membraneux, supérieure à ce sillon, est frappée d'arrêt de développement, et conserve son premier état. Il en résulte que toute la partie de la vésicule encéphalique, supérieure au sillon, et qui est revêtue d'une simple membrane transparente, paraît être en dehors du crâne; d'où l'apparence de hernie qui caractérise l'exencéphalie.

Il est évident pour moi que la pseudencéphalie se produit de la même manière, car, dans cette monstruosité, la constitution du crâne est la même que dans l'exencéphalie. Quand on compare les différents types de l'exencéphalie et de la pseudencéphalie, on voit qu'ils forment les termes correspondants de deux séries parallèles, pour parler la langue des naturalistes. Is. Geoffroy Saint-Hilaire en a fait expressément la remarque[1]. Ces types, d'ailleurs, ne sont en réalité que les différents degrés d'une même monstruosité. Ainsi, dans la famille des monstres excencéphaliens, les *hyperencéphales* sont caractérisés par l'absence complète de la voûte du crâne, et les *podencéphales* par la formation incomplète de cette voûte qui semble percée, dans son milieu, d'un trou par lequel sort une partie de l'encéphale. Évidemment, la podencéphalie a toujours commencé par l'hyperencéphalie, mais elle a été bien plus loin, par suite des progrès de l'ossification qui a produit une voûte du crâne assez complète, mais percée en son milieu par un trou relativement considérable. Or, dans la famille des pseudencéphaliens, nous retrouvons les mêmes relations entre les *thlipsencéphales* qui correspondent aux hyperencéphales, et les *nosencéphales* qui correspondent aux podencéphales. Si nous ne connaissions ces monstruosités que par la tête osseuse, il serait impossible de les rattacher soit à l'exencéphalie, soit à la pseudencéphalie. La similitude des effets conduit donc à admettre l'unité de la cause, et, par conséquent, à attribuer la production de la pseudencéphalie, comme celle de l'exencéphalie, à une pression extérieure s'exerçant sur les vésicules encéphaliques.

Lorsque la tête de l'embryon est comprimée par le capuchon céphalique, le contact de ces deux parties détermine souvent des adhérences et, par suite, la formation de brides. Ces adhérences peuvent être plus ou moins nombreuses, et s'étendre depuis la tumeur exencéphalique, non seulement jusqu'à l'amnios, mais encore, par delà

[1] Is. Geoffroy Saint-Hilaire, *Traité de tératologie*, t. II, p. 320.

l'amnios, jusqu'à l'allantoïde ou au placenta. J'ai décrit, tout à fait au début de mes études tératogéniques, un embryon hyperencéphale dont la tête était attachée par une bride à l'allantoïde[1]. Il y a quelques années, j'ai observé un fait semblable chez un jeune casoar qui présentait une tumeur encéphalique partielle fortement adhérente au jaune, et qui, par suite, n'avait pu éclore[2]. Ces adhérences et les brides qu'elles produisent, déjà signalées depuis longtemps par Geoffroy Saint-Hilaire et qu'il considérait, à une certaine époque, comme déterminant la formation de la plupart des monstruosités, n'ont évidemment, en tératogénie, qu'un rôle secondaire. Mais elles ont cependant un grand intérêt. Mes idées sur le rôle tératogénique de l'amnios ont été généralement contredites. Or, dans l'espèce humaine, l'amnios se déchire et disparaît plus ou moins complètement pendant l'accouchement. Il serait donc impossible de constater, chez l'homme, le rôle de cette membrane dans la production de l'exencéphalie et de la pseudencéphalie, si l'existence de brides sur la tête des enfants affectés de ces monstruosités ne le mettait en évidence, puisqu'elles ne peuvent se produire que par un contact prolongé entre deux parties juxtaposées et encore constituées par des cellules embryonnaires [3].

Je ferai d'ailleurs remarquer que l'exencéphalie et la pseudencéphalie sont généralement associées avec des monstruosités de toute sorte et particulièrement avec des déviations de la colonne vertébrale et des membres qui résultent manifestement pour moi d'une pression exercée par l'amnios.

Ainsi donc, l'observation directe des faits conduit à rejeter complètement la théorie qui attribuait l'exencéphalie à une hernie de l'encéphale déterminée par une hydropisie. Je dois encore ajouter que, dans tous les cas que j'ai observés chez les embryons de poule, je n'ai jamais rencontré d'accumulation de sérosité ni dans

[1] Dareste, *Note sur l'histoire de plusieurs monstres hyperencéphaliens observés chez le poulet;* dans les *Ann. des Sc. nat.*, 4e série, Zool., t. XIII, p. 357.

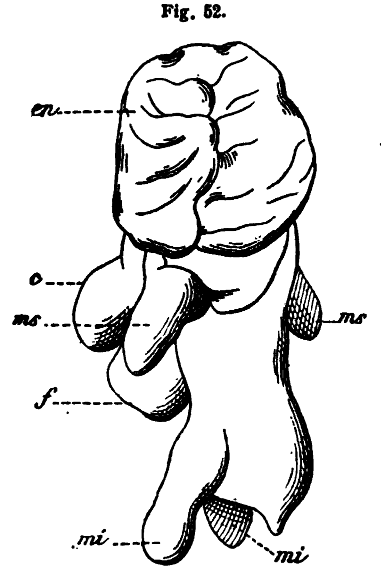
[2] Dareste, *Note sur l'adhérence d'une tumeur frontale avec le jaune, observée chez un jeune Casoar mort dans la coquille au moment de l'éclosion. Comptes rendus*, t. XCVI, p. 860. 1883.

[3] J'ai eu tout récemment, grâce à l'obligeance de M. le Dr Guéniot, membre de l'Académie de médecine, l'occasion d'observer deux brides amniotiques partant de l'angle externe des yeux, chez un pseudencéphale né à la Maternité, et j'y ai trouvé une remarquable confirmation de mes idées sur le rôle de l'amnios dans les prétendues hernies de l'encéphale. Le fait a été publié dans le *Bulletin de l'Acad. de méd.* et dans celui de la *Société anatomique* pour 1890.

les cavités des vésicules, ni dans les méninges. Je considère donc les faits de ce genre que l'on a rencontrés dans les exencéphales appartenant à l'espèce humaine comme des faits consécutifs et accidentels, qui, par conséquent, ne contribuent, en aucune façon, à la production de la monstruosité.

Une circonstance que je dois signaler ici, bien que je n'en voie pas la signification, c'est que, dans un certain nombre de cas d'exencéphalie que j'ai observés pendant la vie embryonnaire, l'extrémité antérieure de la corde dorsale ne s'était pas infléchie, et que, par conséquent, l'axe de la tête se continuait en droite ligne avec l'axe du tronc. Mais, le plus ordinairement, l'extrémité antérieure de la corde dorsale était infléchie, et l'axe de la tête formait un angle presque droit avec le tronc, comme dans l'état normal.

Fig. 52.



Embryon de 8 jours, représenté d'après nature, atteint d'hyperencéphalie, et en même temps de célosomie et d'ectromélie partielle avec l'axe de la tête faisant suite à celui du corps.
en, encéphale aplati par la compression. *c*. cœur. *f*, foie. *ms*, *ms*, membres supérieurs. *mi*, *mi*, membres inférieurs; le membre inférieur droit est affecté d'arrêt de développement.

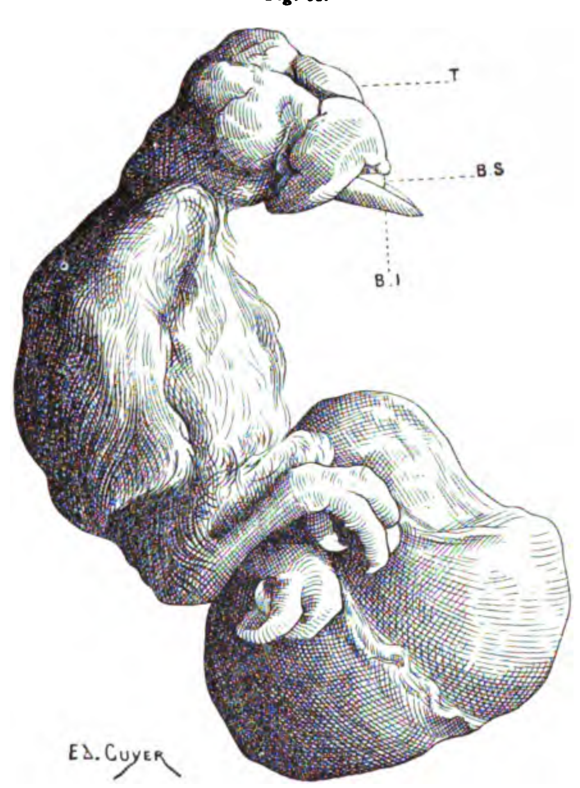
L'exencéphalie est fréquemment associée avec des modifications plus ou moins considérables de la face. L'une des plus communes est l'absence des yeux, ou du moins leur formation incomplète. Il y a aussi des modifications de la mâchoire supérieure. Mais si ces associations sont fréquentes, elles ne sont cependant pas nécessaires. J'ai vu des exencéphales qui ne présentaient aucune autre monstruosité.

L'exencéphalie n'est pas toujours totale; dans certains cas, elle n'est que partielle. Tantôt la tumeur formée par l'encéphale occupe la région occipitale : c'est la *notencéphalie;* tantôt elle occupe la région frontale : c'est la *proencéphalie*. J'ai rencontré parfois ces types chez les oiseaux.

La proencéphalie a pour nous un grand intérêt, car étant compatible, au moins chez les oiseaux, avec la vie et avec la reproduction, elle est devenue le caractère de certaines races dans l'espèce de la poule.

On a, à diverses reprises, décrit et figuré des têtes de poules présentant une conformation particulière et très remarquable. Il existe au sommet de la tête, dans la région du front, une huppe plus ou moins développée, avec une crête rudimentaire. Lorsque la peau est enlevée, le crâne présente sous la région frontale une protubé-

Fig. 53.



Embryon hyperencéphale, avec absence des yeux et état rudimentaire du bec supérieur, d'après nature, grandeur naturelle. Cet embryon était arrivé presque à terme; il est mort, peu de temps avant l'éclosion, évidemment par suite de la non-pénétration du jaune dans l'abdomen. Il est conservé dans ma collection, et a fait le sujet d'une note adressée à l'Académie des sciences. (Dareste, *Note sur la viabilité des embryons monstrueux de l'espèce de la poule. Comptes rendus*, t. XCVII, p. 1662. 1883.) T, tumeur exencéphalique. B.S, bec supérieur. B.I, bec inférieur.

rance formée par une coque osseuse dont la cavité est remplie par les hémisphères cérébraux situés à une certaine distance en avant des lobes optiques, tandis que dans l'état normal ces parties sont en contact.

L'encéphale présente alors une disposition très remarquable. Tandis que, dans l'état normal, les hémisphères cérébraux se mettent en contact avec le cervelet, par leur bord postérieur; dans les poules huppées, ils en sont séparés par la vésicule du troisième ventricule et par les lobes optiques[1].

J'ai cru, à une certaine époque, que cette forme de tête caractérisait la race des poules dites *poules polonaises* ou *poules de Padoue*. Mais de nouvelles recherches m'ont appris que ce caractère se retrouve dans d'autres races de poules huppées, comme les poules de Houdan et celles de Crèvecœur. J'ai constaté le fait sur un certain nombre de poules et de coqs, qui m'avaient été remis par M. Albert Geoffroy Saint-Hilaire, directeur du Jardin d'acclimatation, et par M. Lemoine, propriétaire d'un grand établissement d'aviculture, à Crosne, près de Villeneuve-Saint-Georges. Il me paraît donc très probable que cette forme de tête se rencontre dans toutes les races gallines huppées.

Étudiant, en 1863, la tête de ces oiseaux non plus chez des sujets adultes, mais chez de très jeunes poulets, peu de temps après l'éclosion, j'ai pu suivre la formation de la protubérance osseuse, et j'ai constaté un fait inattendu, c'est qu'elle provient d'une exencéphalie partielle, presque entièrement comparable à la proencéphalie[2]. Il n'y a de différence qu'en ce que, chez les poules huppées, la tumeur encéphalique est formée par les hémisphères cérébraux tout entiers; tandis que, dans la proencéphalie humaine, les parties antérieures des hémisphères constituent seules toute la tumeur. Dans les poulets de ces races, les hémisphères cérébraux, simplement recouverts par le crâne membraneux, semblent faire hernie à la partie supérieure de la tête; et les frontaux, aussi complètement développés que dans l'état normal, sont écartés l'un de l'autre par l'interposition des hémisphères cérébraux. Il y a là évidemment tous les caractères d'une exencéphalie restreinte, presque entièrement comparable à la proencéphalie observée dans l'espèce humaine.

Plus tard, par les progrès du développement, la tumeur exencé-

[1] En 1839, HAGENBACH a donné une très bonne description anatomique de ces têtes de poules dans *Müller's Archiv für Anat. und Phys.*, 1839, p. 311. — DARWIN les a également figurées, *De la variation des animaux et des plantes sous l'action de la domestication*, t. I, p. 278 et 280, trad. franç.

[2] DARESTE, *Mémoire sur les caractères de la race des poules polonaises;* dans les *Mémoires de la Société des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille*. 1864. 3e série, t. I, p. 753.



phalique se modifie. La peau se constitue par l'extension des lames cutanées au-dessous de l'épiderme, et elle se recouvre de plumes qui prennent un développement considérable et forment la huppe. La partie du crâne membraneux interposée entre les frontaux, et qui formait une large fontanelle, s'ossifie peu à peu par fragments qui, d'abord isolés, finissent par former une couche osseuse continue. Cette couche osseuse est tout à fait indépendante des frontaux; elle rappelle la formation des os wormiens qui se produisent, dans l'espèce humaine, sur la ligne médiane de la tête.

Ainsi donc, la protubérance cranienne de certaines races gallines huppées, et probablement de toutes, est une monstruosité exencéphalique devenue héréditaire et formant un caractère de race. Il est donc très probable que les races gallines huppées se sont produites par la transmission héréditaire d'un fait tératologique apparu spontanément dans certains individus. Malheureusement nous ne possédons aucun document sur l'origine des races gallines huppées, origine qui doit être très ancienne. Le seul renseignement que j'ai rencontré sur ce sujet est relatif à la race des poules de Padoue. Un ornithologiste allemand, Bechstein, prétend que le fait tératologique qui caractérise cette race aurait été d'abord le privilège exclusif du sexe femelle; et que, plus tard seulement, il se serait étendu au sexe mâle[1].

Il serait évidemment impossible de résoudre cette question, si la tératogénie ne nous donnait une méthode pour aborder le problème de la formation des races. Or, pendant mon séjour à Lille, comme professeur à la Faculté des sciences, mon collègue Lamy, le célèbre inventeur du thallium, me remit deux poulets morts un peu avant l'éclosion et qui présentaient une tumeur exencéphalique tout à fait comparable à celle des poules huppées[2]. Lamy, que je consultai à ce sujet, m'affirma qu'il n'avait pas de poules huppées dans sa basse-cour, et que ces races étaient inconnues dans le département du Nord. Il s'agissait donc là d'un fait tératologique subitement apparu. Si ces oiseaux avaient vécu et s'étaient reproduits, peut-être seraient-ils devenus le point de départ d'une nouvelle race huppée. Je dois donc signaler la question aux personnes qui s'occupent de l'élève des poules; car l'apparition de la proencéphalie chez un embryon appartenant

[1] Bechstein, *Naturgeschichte Deutschlands*, t. III, p. 399. 1793. Je le cite d'après Darwin, *De la variation des animaux et des plantes sous l'action de la domestication*, trad. franç., t. I, p. 273.

[2] Voir la planche XI de l'Atlas, fig. 11 et 12.



à une race galline non huppée pourrait servir à la formation d'une race galline huppée, peut-être nouvelle, et peut-être aussi reproduisant une race existante. Expérience d'autant plus intéressante à tenter que, comme je l'ai dit déjà, le problème de l'origine des races est actuellement le problème capital de l'histoire naturelle.

Assurément certaines personnes m'objecteront que l'apparition spontanée de la proencéphalie dans une race galline non huppée, pourrait n'être qu'un fait d'atavisme, que la réapparition d'un caractère perdu depuis un nombre considérable de générations. Mais il y a des faits analogues dans d'autres espèces d'oiseaux. J'ai constaté la proencéphalie dans un canard. On l'a également signalée chez l'oie et le serin des Canaries. Elle existait également dans un jeune casoar dont j'ai déjà parlé. Évidemment, dans ces diverses espèces, l'atavisme ne peut être invoqué, car on n'a jamais signalé chez elles l'existence de races exencéphaliques. Il y a là, pour toutes les personnes qui s'occupent d'aviculture, de belles recherches à faire.

La proencéphalie des poules huppées a d'ailleurs pour la tératogénie un autre intérêt, car elle peut induire en erreur les expérimentateurs qui s'occupent de la production artificielle des monstres. Elle s'est rencontrée plusieurs fois dans les expériences de Geoffroy Saint-Hilaire, ce qui tenait très probablement à ce qu'il avait employé dans ses recherches des œufs de poules huppées[1].

§ 8.

Toutes les monstruosités dont je viens de décrire la genèse, à l'exception de l'omphalocéphalie, proviennent d'une modification de l'évolution de la gouttière supérieure de l'embryon, la gouttière médullaire. Il y a d'autres monstruosités qui proviennent d'une modification de l'évolution de la gouttière inférieure, la gouttière abdominale. Ces monstruosités constituent les différents types de l'éventration, ou, comme le disait Is. Geoffroy Saint-Hilaire, de la célosomie.

Pendant longtemps, la célosomie n'a été connue que dans l'espèce humaine et plusieurs espèces de mammifères. On n'en avait signalé qu'un seul cas chez les oiseaux, trouvé par Ét. Geoffroy Saint-Hilaire

[1] Voir page 58. — Du reste Geoffroy Saint-Hilaire avait mentionné expressément cette cause d'erreur. Voir son *Mémoire sur les différents états de pesanteur des œufs au commencement et à la fin de l'incubation*, p. 7.



sur un monstre produit artificiellement. Or c'est la monstruosité que j'ai produite le plus fréquemment dans mes expériences tératogéniques. J'ai donc pu établir, sur de très nombreux documents, la genèse de la célosomie, qu'il aurait été très facile d'ailleurs de déduire de considérations théoriques.

La gouttière abdominale se constitue par le repli de la partie supérieure des lames latérales du mésoderme.

J'ai déjà fait connaître[1] l'évolution de ces lames, et j'ai montré que, dès leur apparition, elles se séparent en deux feuillets superposés, la somatopleure et la splanchnopleure, qui entrent toutes les deux par leur partie repliée dans la constitution de l'embryon, et qui, se prolongeant au delà du repli, se continuent, la première avec l'amnios et l'enveloppe séreuse, la seconde avec l'enveloppe du sac vitellin. Ces deux feuillets sont séparés par une vaste cavité, le cœlome. La partie du cœlome contenue dans l'embryon forme la fente pleuro-péritonéale, point de départ des cavités séreuses. La somatopleure double l'ectoderme; la splanchnopleure est placée au-dessus de l'entoderme.

Par suite de la division des lames latérales en deux feuillets superposés, la gouttière abdominale, primitivement unique, se partage en deux gouttières dont l'intérieure est inscrite dans l'extérieure.

La gouttière intérieure est le point de départ du tube digestif. La gouttière extérieure est le point de départ de la paroi thoraco-abdominale. Ces deux gouttières se transforment peu à peu en deux tubes fermés, par suite de la réunion de leurs parois qui, d'abord largement ouvertes, se rapprochent peu à peu pour former l'ombilic. L'ouverture ombilicale est double, comme les feuillets qui lui donnent naissance. La fermeture du feuillet interne ou de la splanchnopleure produit l'ombilic intestinal; la fermeture du feuillet externe ou de la somatopleure produit l'ombilic cutané. Il résulte de la formation des deux ombilics, que les parties de la splanchnopleure et de la somatopleure qui entrent dans la composition de l'embryon se séparent complètement de celles qui entrent dans la composition des enveloppes du sac vitellin, et plus tard de celles qui entrent dans la composition de l'amnios.

La gouttière intérieure, point de départ du tube digestif, se produit par le repli des splanchnopleures.

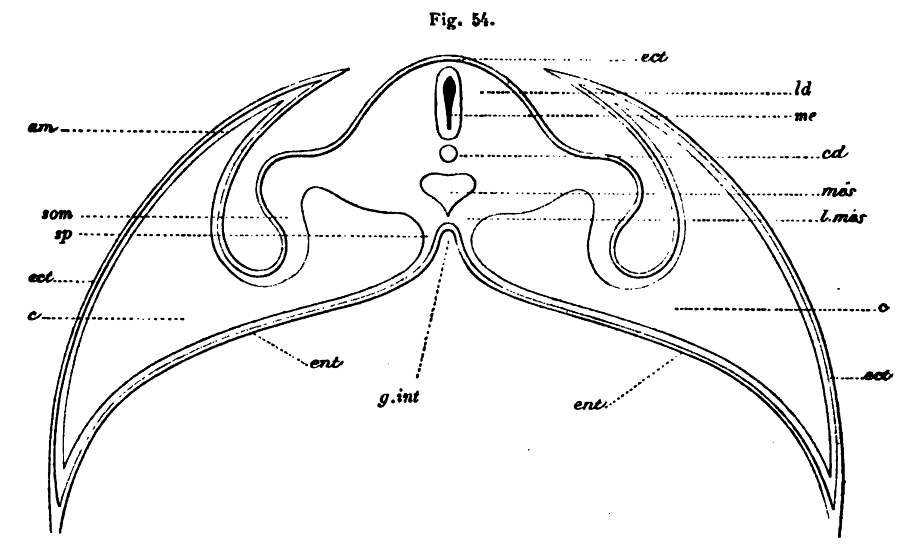
Ce reploiement des splanchnopleures se fait d'une manière assez compliquée. Elles se replient d'abord de dehors en dedans, au-dessous

[1] Voir le chap. I, § 3 de la 3e partie.

des lames dorsales et de la corde dorsale, et viennent s'unir l'une à l'autre sur la ligne médiane en formant le mésentère. Puis elles divergent de dedans en dehors sous la forme d'une lame unique, la lame supérieure de l'intestin. Les deux bords de cette lame se recourbent de nouveau en venant à la rencontre l'une de l'autre, et transforment ainsi peu à peu la gouttière intestinale en un tube fermé. Cette formation de la gouttière intestinale se produit d'avant en arrière.

La gouttière intestinale forme la région moyenne du tube digestif. Elle est, à sa partie antérieure et à sa partie postérieure, en communication avec deux cavités tubulaires terminées en cul-de-sac, l'intes-

Fig. 54.



Coupe schématique d'un embryon du quatrième jour pour montrer la disposition des deux lames du mésoderme. — *ect*, ectoderme. *am*, amnios. *som*, somatopleure. *sp*, splanchnopleure. *c*, cœlome. *ld*, lames dorsales. *me*, moelle épinière. *cd*, corde dorsale. *més*, mésentère. *l.més*, lames mésentériques. *g.int*, gouttière intestinale. *ent*, entoderme.

tin antérieur ou le pharynx, et l'intestin postérieur ou le rectum. Ces deux tubes qui complètent l'appareil digestif ne se forment pas simultanément. L'intestin antérieur se forme le premier, tandis que l'intestin postérieur se forme beaucoup plus tard.

J'ai déjà fait connaître, lorsque j'ai décrit la formation de la chambre cardiaque et celle du cœur, le mode de production de l'intestin antérieur[1]. Il résulte du repli, au-dessous de la tête, des deux lames pri-

[1] Voir le chap. I, § 4 de la 3e partie.

mitives du blastoderme, l'ectoderme et l'entoderme, entre lesquelles n'existe, au début, aucun élément mésodermique. La chambre cardiaque qui se produit à la partie postérieure de ce repli pharyngien, se remplit par deux prolongements des lames latérales du mésoderme, prolongements à l'extrémité desquels se forment les blastèmes cardiaques. On a vu comment ces blastèmes s'unissent pour former le cœur unique, et comment la disparition des deux mésentères cardiaques a pour résultat de faire que le cœur reste isolé dans la cavité générale du cœlome[1].

Lorsque le cœur apparaît dans la chambre cardiaque, il est d'abord adossé contre le repli de la splanchnopleure qui forme la partie antérieure de l'ombilic intestinal. Mais, par les progrès du développement, cet orifice recule et s'écarte du cœur. La région de l'intestin antérieur comprise entre le cœur et l'ombilic devient alors l'œsophage, l'estomac et une partie de l'intestin grêle; et elle donne naissance à des prolongements en cæcums qui deviendront les poumons, le foie et le pancréas. Dans toute cette région, la paroi intestinale est constituée

[1] Ici se présente une importante question d'embryogénie, sur laquelle nous ne possédons encore que des documents incomplets. La paroi du pharynx, primitivement unique, n'est d'abord formée que par l'ectoderme et l'entoderme. Plus tard ces deux feuillets s'écartent l'un de l'autre et sont séparés par une couche du mésoderme qui se divise elle-même en splanchnopleure et en somatopleure. D'où provient cette couche mésodermique? Je suppose, mais sans en être assuré, qu'elle résulte de l'extension de la partie des lames latérales qui revêt à un certain moment la chambre cardiaque. La division de cette lame mésodermique en somatopleure et splanchnopleure aurait pour résultat de former, aux dépens du tube pharyngien primitivement simple, deux tubes concentriques, dont l'intérieur serait le pharynx, et l'extérieur la paroi cervicale. Ce dédoublement de la paroi du pharynx ne se produirait qu'après la disparition de l'appareil branchial, et l'oblitération des fentes qui séparent les arcs branchiaux.

Si c'est réellement ainsi que les choses se passent, le pharynx des vertébrés supérieurs ne serait comparable à celui des poissons que pendant la première période de son existence, lorsqu'il n'existe pas de distinction entre la paroi cervicale et le tube pharyngien. Quand la séparation de ces deux parties s'est établie, le tube pharyngien des vertébrés supérieurs constitue un appareil très différent à bien des égards de celui des poissons. Il y a là des éléments dont il faut tenir très grand compte pour constater les analogies des animaux vertébrés, dont le type anatomique, malgré les travaux de Geoffroy Saint-Hilaire, de Baer et de bien d'autres, n'a pas encore été établi dans tous ses détails. Cette question est d'ailleurs beaucoup trop étrangère à la tératologie pour que je doive l'aborder ici.

Je dois mentionner la permanence accidentelle de certaines fentes branchiales dans l'embryon humain. Ce fait, très rare d'ailleurs, donne l'explication de l'origine des fistules congénitales du cou, et peut-être de certains kystes de cette région. Je n'ai d'ailleurs rencontré, jusqu'à présent, aucun fait de ce genre, dans les monstres ornithologiques.



par un prolongement de la partie de la splanchnopleure qui a formé le revêtement intérieur de la chambre cardiaque.

L'intestin postérieur ou le rectum se forme de la même façon, mais plus tard, par le repli, d'arrière en avant, de la région du blastoderme située en arrière de l'extrémité caudale de l'embryon. Le mode de formation est donc le même que pour l'intestin antérieur. Il y a toutefois une différence, c'est que ce repli présente dès son origine une lame mésodermique interposée entre l'ectoderme et l'entoderme. Cela tient à un fait que j'ai déjà mentionné, c'est que, lorsque les lames latérales se produisent, elles sont, dès l'époque de leur formation, réunies l'une à l'autre au delà de l'extrémité postérieure de l'embryon, tandis que ces lames n'existent point dans les parois de l'intestin antérieur à son début, et qu'elles y pénètrent seulement à une certaine époque, lorsque la chambre cardiaque se produit par l'écartement de l'ectoderme et de l'entoderme.

Ainsi le tube digestif se constitue par la réunion de trois éléments, l'intestin antérieur, la gouttière intestinale et l'intestin postérieur. Ces trois éléments viennent aboutir à une ouverture oblongue formée par la splanchnopleure repliée d'avant en arrière, d'arrière en avant, et de dedans en dehors. Le mécanisme de cette formation est donc entièrement comparable à celui de l'amnios, puisque le capuchon céphalique, le capuchon caudal et les capuchons latéraux s'unissent de la même manière pour former l'ombilic amniotique. Les parois de la splanchnopleure, repliées dans tous les sens, se continuent avec les parois du sac vitellin, exactement comme les parois de la somatopleure qui forment l'amnios se replient dans tous les sens en se continuant avec la membrane que l'on désigne sous le nom d'enveloppe séreuse.

Le tube digestif peut-il s'arrêter dans ce premier état? J'ai tout lieu de le croire; mais les observations que j'ai faites à ce sujet n'ont pu encore me donner une conviction complète, par suite d'une condition inhérente aux recherches tératogéniques, condition que j'ai déjà signalée; c'est que, dans tous les cas d'arrêt de développement, il est très difficile de constater l'époque précise où cesse l'état normal, où commence l'anomalie. Mais le fait a été signalé par Förster, dans l'espèce humaine[1]. Dans ces derniers temps, M. Recklinghausen a décrit

[1] Förster, *Die Missbildungen der Menschen*, p. 110. — Il indique le fait sans donner aucun détail.



deux faits de ce genre observés par lui chez des enfants qui avaient atteint l'époque de la naissance[1].

La communication de la cavité du jaune avec la cavité intestinale persiste donc pendant un certain temps, mais elle diminue progressivement, de telle sorte qu'il arrive un moment où elle ne consiste plus qu'en un canal de plus en plus étroit, le *canal* ou *conduit vitellin*, canal très court chez les oiseaux et les reptiles, mais qui au contraire est très long chez les mammifères et chez l'homme. Puis il arrive un moment où le rapprochement des parois du canal amène son oblitération complète. Le canal vitellin devient alors le *pédicule vitellin*, et le sac vitellin ou sac du jaune cesse d'être en communication directe avec la cavité intestinale. Les matières alimentaires contenues dans la poche du jaune ne peuvent alors pénétrer dans l'organisme, que par suite de leur absorption par les appendices qui se forment à la surface interne du sac vitellin, et de leur arrivée dans le sang.

On a signalé, à diverses reprises, dans l'espèce humaine, l'existence d'un appendice creux provenant de l'intestin grêle. Cet appendice que l'on désigne sous le nom de *diverticule de Meckel*, du nom de l'anatomiste qui l'a mentionné le premier, n'est autre chose que la permanence du canal vitellin qui persiste, au moins partiellement, dans un très grand nombre de cas.

Si le tube digestif est rarement arrêté dans son développement, il n'en est pas de même de la paroi abdominale, c'est-à-dire, au point de vue embryogénique, de la partie de la somatopleure qui appartient à l'embryon.

La somatopleure se replie dans tous les sens, exactement comme la splanchnopleure qu'elle accompagne dans son développement ; avec cette différence toutefois que ses deux bords supérieurs ne présentent point de formation comparable à celle du mésentère. Elle se transforme, en se repliant, en une poche tubulaire tout à fait comparable à la cavité intestinale et aussi à l'amnios. Cette poche se ferme peu à peu en formant l'ombilic cutané, ouverture concentrique à celle de l'ombilic intestinal. Chez les oiseaux et les reptiles, la somatopleure après avoir formé, par un premier repli, la paroi abdominale, se replie de nouveau en sens inverse pour se continuer avec les parois de l'amnios. Chez les mammifères et chez l'homme,

[1] Recklinghausen, *Untersuchungen über die Spina bifida*, 1886, p. 73. Il est probable qu'un certain nombre de faits de ce genre ont été considérés comme des anus contre nature.



la somatopleure, après s'être fermée, se prolonge en une gaine qui contient la vésicule ombilicale et les vaisseaux du placenta : c'est le cordon ombilical. C'est seulement après avoir formé cette gaine qu'elle se replie de nouveau, pour se continuer avec l'amnios. Il résulte de cette différence d'organisation que la fermeture de l'ombilic cutané se produit de manières assez différentes suivant les classes. Chez les oiseaux et les reptiles, le sac vitellin pénètre, vers l'époque de l'éclosion, dans la cavité abdominale, et l'ombilic cutané se ferme au-dessus de lui, après s'être séparé de l'amnios. Chez les mammifères et chez l'homme, cette fermeture se fait par une cicatrice qui se produit après la rupture du cordon.

La paroi abdominale, uniquement formée, dans son état primitif, par deux couches juxtaposées, l'ectoderme et la somatopleure, consiste alors en une membrane transparente que Rathke désignait sous le nom de *membrane unissante inférieure* (*membrana reuniens inferior*). Plus tard, elle se complète par des éléments nouveaux. Les uns proviennent de la somatopleure elle-même, et sont le point de départ du derme. Les autres ont une autre origine, et proviennent des proto-vertèbres. Ce sont les muscles et les os (côtes et sternum). Ces derniers éléments, nés dans l'axe rachidien, suivent la courbe de la paroi et viennent peu à peu se réunir sur la ligne médiane antérieure.

Les différentes phases de l'évolution de la paroi abdominale expliquent comment elle peut être, de diverses manières, arrêtée dans son développement, et donner naissance, par conséquent, à des monstruosités assez variées.

J'ai vu, dans un très grand nombre d'embryons de poule, la célosomie se produire par le reploiement incomplet de la somatopleure. Les bords de cette membrane se replient de dedans en dehors, avant d'atteindre la ligne médiane de l'embryon, pour se continuer avec l'amnios qui est, par cela même, également frappé d'arrêt de développement. Il en résulte que la cavité thoraco-abdominale ne se ferme point en avant, et que les viscères qui la remplissent, le cœur, le foie, la rate, l'estomac et une partie de l'intestin grêle, semblent complètement à nu, quand on ouvre l'œuf. Il n'y a là d'ailleurs qu'une apparence; car les viscères sont contenus dans le cœlome, c'est-à-dire dans la grande cavité qui est limitée d'un côté par l'enveloppe séreuse, et de l'autre par la paroi supérieure du sac vitellin[1].

[1] Voir dans l'Atlas, pl. XII et XIII, un certain nombre d'exemples de célosomie. Elle y est généralement associée à l'exencéphalie et à l'ectromélie.



Les viscères, ainsi placés en dehors du corps, ne présentent généralement pas de modifications tératologiques. Je dois toutefois signaler une remarquable anomalie dans la position du cœur, anomalie que j'ai rencontrée plusieurs fois. Cet organe était renversé de telle façon que la région auriculaire était inférieure, tandis que la pointe était supérieure : fait qui s'explique d'ailleurs très simplement, puisque la région auriculaire, primitivement inférieure, se relève peu à peu pour devenir supérieure. On a mentionné des faits semblables chez plusieurs célosomes appartenant à l'espèce humaine.

Dans d'autres cas de célosomie, le reploiement de la somatopleure se fait complètement dans certaines régions, et incomplètement dans d'autres. Ainsi lorsque le repli ne s'est formé qu'au-dessus de l'ombilic, la paroi thoracique existe, tandis que la paroi abdominale fait défaut. La célosomie est alors uniquement abdominale. Si le repli ne se forme qu'au-dessous de l'ombilic, la paroi abdominale existe, tandis que la paroi thoracique manque plus ou moins complètement. C'est ce qui arrive dans certains cas d'ectopie du cœur, où l'on voit cet organe sortir par une ouverture existant dans les parois de la poitrine. Les cas de ce genre sont assez fréquents dans l'espèce humaine. J'en ai rencontré un certain nombre chez les oiseaux. Cette ectopie du cœur était limitée parfois à la région ventriculaire.

Dans l'espèce humaine, la célosomie présente souvent les mêmes caractères et s'explique, par conséquent, de la même façon. Il en résulte une particularité remarquable qui a été signalée par les tératologistes; l'absence du cordon, ou peut-être, dans certains cas, sa brièveté excessive. Là, comme chez les célosomes appartenant à la classe des oiseaux, la somatopleure se replie bien avant d'avoir atteint la ligne médiane, et se continue sans interruption avec l'amnios.

Il résulte de cette absence du cordon, chez beaucoup de Célosomes humains, que les viscères abdominaux sont immédiatement en contact avec le placenta. Alors se produisent entre certains de ces viscères et le placenta des adhérences qui existent presque toujours et peut-être toujours. Et. Geoffroy Saint-Hilaire avait, à une certaine époque, attribué un rôle tératogénique considérable à ces adhérences[1] et il les considérait comme l'origine des monstruosités par éventration, car il pensait qu'elles empêchaient la fermeture de la paroi thoraco-abdominale. A une certaine époque de sa vie scientifique, il étendit cette

[1] Voir le chap. I, § 5 de la 2e partie.

notion à un très grand nombre de monstruosités. Pour ma part, ainsi que je l'ai déjà dit, je ne considère ces adhérences que comme des faits consécutifs. Elles se produisent par l'effet du contact des viscères thoraco-abdominaux avec le placenta.

Cette notion résulte pour moi non seulement d'idées théoriques, mais encore de mes observations sur les célosomes appartenant à l'espèce de la poule. Il résulte de l'absence du placenta chez les oiseaux que les adhérences des viscères avec les annexes de l'embryon y sont rares et surtout peu étendues. J'ai rencontré cependant plusieurs fois le cœur uni par des adhérences soit aux enveloppes du sac vitellin, soit à la somatopleure à l'endroit où elle se réfléchit pour se continuer avec l'amnios. Or l'existence, tout à fait exceptionnelle, et d'ailleurs toujours très limitée, de ces adhérences, ne permet absolument pas de les considérer comme le fait initial de la célosomie.

Tels sont les faits que j'ai observés chez les embryons de poule. Mais s'ils expliquent certains cas de célosomie, ils ne les expliquent pas tous. Il est donc nécessaire de faire intervenir ici de nouvelles considérations.

Dans les cas de célosomie dont je viens de faire connaître la genèse, l'ombilic cutané, qui se produit à l'endroit où la somatopleure se replie pour se continuer avec l'amnios, reste très largement ouvert. Il y a d'autres cas où la somatopleure se ferme complètement, mais où elle conserve plus ou moins ses caractères primitifs de membrane transparente, par suite du défaut de formation des éléments cutanés, musculaires et osseux, qui s'y ajoutent à une certaine époque.

Tantôt l'absence de ces divers éléments existe dans la plus grande partie de la paroi thoraco-abdominale. Alors les viscères sont enfermés dans une poche membraneuse transparente. On dit alors généralement, mais d'une manière inexacte, que les viscères sont contenus dans la base du cordon ombilical. Ces cas sont assez fréquents dans l'espèce humaine. Je ne les ai pas rencontrés chez les oiseaux.

Cette absence des éléments définitifs surajoutés à la paroi abdominale primitive peut n'être que partielle; elle se produit ordinairement dans une moitié de la paroi, tandis que l'autre moitié se constitue d'une manière complète. Cette inégalité de développement peut d'ailleurs se produire dans des conditions très diverses, qu'il serait oiseux d'étudier ici.

Je dois cependant signaler une anomalie très intéressante qui se rattache à cette forme d'arrêt de développement. C'est la fissure ster-



nale. Chez les êtres qui en sont affectés, les côtes ne se développent que d'une manière incomplète, ainsi que les éléments du sternum qui en sont le prolongement. Il en résulte que cet os est divisé totalement ou partiellement en deux moitiés distinctes. L'intervalle qui les sépare est alors occupé soit par une partie non modifiée de la somatopleure, soit par la peau elle-même; et le cœur, placé au-dessous de cette partie du tégument, n'est point recouvert par la cage thoracique osseuse. Cette anomalie, parfaitement compatible avec la vie, a parfois permis aux physiologistes d'étudier les diverses particularités que présentent les mouvements du cœur, plus directement que lorsque cet organe est situé dans une cage thoracique complètement fermée.

La fissure du sternum n'est pas une anomalie propre à l'espèce humaine. Dans mes expériences tératogéniques, j'en ai rencontré deux exemples que je conserve dans ma collection. Le cœur, placé dans l'intervalle des demi-sternums, est immédiatement revêtu par la peau. Winslow avait déjà signalé l'existence de la fissure sternale chez un pigeon adulte qui, malgré cette anomalie, avait conservé la faculté de voler[1].

La fissure sternale est d'ailleurs le seul fait de formation incomplète de la paroi abdominale par l'absence de certains de ses éléments que j'aie rencontré chez les oiseaux. Au contraire, la célosomie, chez l'homme et chez les mammifères, présente fréquemment cet état imparfait des parois abdominales qui sont plus ou moins complètement remplacées par une membrane transparente. Cette différence n'est-elle pas en rapport avec l'absence du cordon ombilical chez les oiseaux et sa présence chez les mammifères, puisque cet organe résulte d'un prolongement de la somatopleure au delà de l'abdomen, avant qu'elle se continue avec les parois de l'amnios?

Tous les faits que je viens de rappeler prouvent de la manière la plus évidente que les diverses formes de la célosomie résultent d'un arrêt de développement. Toutefois les partisans de la théorie pathologique des monstruosités n'acceptent généralement pas cette doctrine.

Pour eux, la célosomie est le résultat d'une hernie qui aurait distendu les parois de la base du cordon ombilical, fait pénétrer les viscères abdominaux dans le sac ainsi formé, et même, en certains cas, les aurait complètement détruites. L'éventration serait alors le résultat de la modification d'une organisation primitivement complète.

[1] Winslow, *Mémoires de l'Académie des sciences*, 1740, p. 595.

Mais cette notion est contredite par le fait que j'ai signalé de la continuité des parois abdominales avec l'amnios, continuité que j'ai pu constater dans tous les cas de célosomie que j'ai rencontrés chez les oiseaux.

Je dois enfin signaler une dernière forme de la célosomie, forme extrêmement curieuse, et qui, jusqu'à présent, n'a été rencontrée que dans l'espèce bovine. C'est la *chélonisomie*. Elle a été décrite pour la première fois par Joly[1]. J'ai eu moi-même occasion de l'observer deux fois[2]. Ces trois faits sont les seuls qui aient été jusqu'à présent mentionnés. Dans ces monstres la paroi thoraco-abdominale ne s'infléchit pas d'arrière en avant, mais d'avant en arrière, et par conséquent, en sens inverse de ce qui se passe dans l'état normal. Je n'ai, jusqu'à présent, rencontré dans mes recherches aucun fait tératologique qui puisse me rendre compte de cette étrange monstruosité. Mais il est facile de l'expliquer d'une manière théorique; car il est évident que, dans la chélonisomie, la somatopleure ne se replie pas, et, par conséquent, la paroi abdominale qui dans les trois cas que je viens de mentionner existait avec tous ses éléments définitifs, cutanés musculaires et osseux, s'était complètement formée en conservant la position initiale des lames latérales.

§ 9.

L'ectromélie consiste dans l'absence ou le développement incomplet d'un ou de plusieurs membres. Elle s'explique donc par l'arrêt de développement.

Il est remarquable que l'arrêt de développement puisse frapper certains segments des membres à l'exclusion des autres. Il est des cas dans lesquels la main et le pied se développent complètement, tandis que les segments intermédiaires sont à l'état de rudiments. Tel est le type si curieux de la *phocomélie* dont on a rencontré plusieurs exemples dans l'espèce humaine. Dans d'autres cas, l'arrêt de développement atteint les segments extrêmes qui ne se forment pas, ou du moins ne se forment que d'une manière incomplète. Tel est le type de l'*hémimélie*.

On a quelquefois expliqué l'ectromélie par l'amputation spontanée des membres dans l'intérieur de la matrice, amputation qui résulterait

[1] Joly, *Mémoire sur deux genres nouveaux de monstres célosomiens;* dans les *Ann. des sc. nat. Zool.*, 8e série, t. III, p. 374.

[2] Voir la note E à la fin de la troisième partie.



d'une constriction exercée par le cordon ombilical ou par des brides amniotiques circulaires. Ces faits d'amputation spontanée sont incontestables. Il est même possible que le moignon du membre spontanément amputé, comme Montgomery et Simpson l'ont constaté depuis longtemps, régénère partiellement la partie amputée, et produise à son extrémité des appendices comparables aux doigts[1]. Toutefois cette explication, valable évidemment pour certains cas d'hémimélie, ne peut cependant pas s'appliquer à tous, surtout lorsque cette monstruosité atteint deux ou plusieurs membres. Il faudrait un concours bien étrange de faits accidentels pour que deux ou plusieurs membres pussent être amputés simultanément. J'ai observé un embryon de poule dont les deux membres postérieurs étaient affectés d'hémimélie et qui ne présentaient aucune trace de brides amniotiques ayant pu produire des amputations.

D'ailleurs si, dans certains cas, l'ectromélie existe seule, elle est aussi, très fréquemment, associée à d'autres monstruosités, telles que l'exencéphalie ou la célosomie. Il faut donc alors rattacher son origine à une cause générale qui aurait exercé son action sur une partie plus ou moins considérable de l'embryon. Cette cause est évidemment une compression exercée par l'amnios arrêté dans son développement. J'ai constaté l'existence de l'ectromélie dans un certain nombre de cas de ce genre. Ajoutons que l'ectromélie s'accompagne souvent de déviations des membres, anomalies dont l'origine mécanique est tout à fait évidente.

§ 10.

La symélie présente l'une des conformations tératologiques les plus étranges que l'on puisse imaginer.

Chez les êtres affectés de cette monstruosité, les membres postérieurs sont soudés de manière à former un membre unique. Mais, en outre, ces membres sont renversés. Au lieu de s'unir par leurs bords internes, ils s'unissent par leurs bords externes, de telle sorte que les talons sont en avant, les orteils en arrière, que les péronés et les petits orteils sont en dedans, que les tibias et les gros orteils sont en dehors.

Avant mes recherches, cette monstruosité avait résisté à toutes les tentatives d'explication. Is. Geoffroy Saint-Hilaire, en signalant le fait,

[1] Voir *Dublin Journal of Medical Science*, t. I, II et X.



et en rejetant la doctrine de la monstruosité originelle, faisait appel à la science de l'avenir[1].

Cruveilhier est le seul qui ait fait faire un pas à la question. Il a bien vu que la cause de cette monstruosité, comme celle de toutes les anomalies qui sont caractérisées par des déviations, devait être une pression extérieure. Mais comment comprendre que cette pression pouvait retourner complètement des membres tout formés, les appliquer l'un contre l'autre par leurs bords extérieurs, et les unir ensemble en faisant disparaître un nombre plus ou moins considérable de leurs éléments osseux, musculaires et nerveux? Quelle était d'ailleurs la cause de cette pression? Cruveilhier la cherchait, comme celle de toutes les déviations, dans des contractions insolites de la matrice. Mais cette cause tout hypothétique, et qui n'agirait que d'une manière intermittente, ne pouvait expliquer une action qui, pour être efficace, devait être continue[2].

La symélie était donc une énigme indéchiffrable. J'en ai donné l'explication en partant, non plus de l'hypothèse, mais de l'observation directe.

Cette monstruosité est très rare chez les oiseaux. J'en ai rencontré un cas tout à fait au début de mes études[3]; dans ces dernières années, j'en ai rencontré un autre, d'autant plus remarquable qu'il était associé à l'omphalocéphalie[4]. Mais j'ai observé plusieurs fois des embryons dont les membres postérieurs étaient renversés, et se seraient soudés si l'évolution avait suivi son cours. Il y avait là évidemment des monstres syméliens en voie de formation.

Ces observations m'ont appris que la symélie résulte d'un arrêt de développement de la partie postérieure de l'amnios, c'est-à-dire du capuchon caudal. Lorsque ce capuchon s'est arrêté dans son développement, qu'il ne s'est pas replié au-dessous de l'extrémité postérieure, et qu'il reste appliqué sur elle au lieu de s'en écarter, comme il le fait dans l'évolution normale, les bourgeons qui sont le point de départ des membres postérieurs, au lieu de descendre des deux côtés du corps, se renversent en arrière, et viennent se placer au-dessus

[1] Is. Geoffroy Saint-Hilaire, *Traité de tératologie*, t. II, p. 262.

[2] Cruveilhier, *Traité d'anat. pathol. générale*, t. I, p. 311. — Je me suis déjà expliqué à maintes reprises sur la théorie tératogénique de Cruveilhier. Voir pages 54, 313 et 334.

[3] Dareste, *Nouvelles recherches sur la production artificielle des monstruosités;* dans les *Comptes rendus* 1863. T. LVII, p. 447.

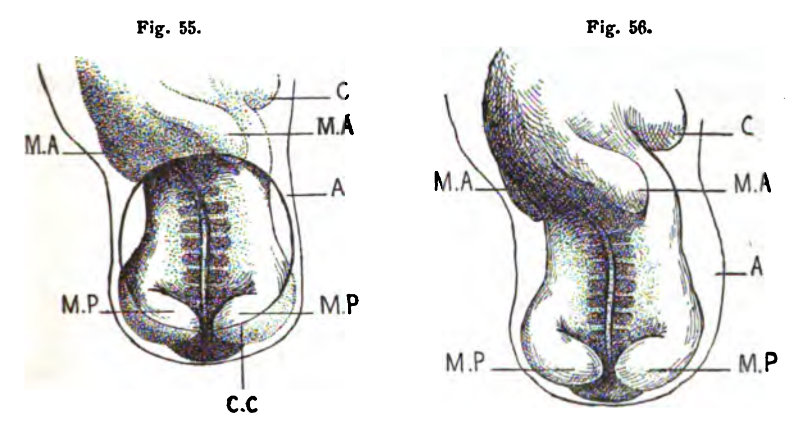
[4] Voir p. 366.



de l'embryon. Ils se rapprochent alors l'un de l'autre par leurs bords extérieurs devenus internes. Puis, si la pression continue à s'exercer, ils se soudent entre eux et donnent naissance à un membre unique contenant, en plus ou moins grande quantité, les éléments de deux membres, et qui tantôt se développe complètement, et tantôt se réduit à un simple moignon, comme dans l'hémimélie[1].

Ces faits ne peuvent se produire que dans la période embryonnaire primitive, lorsque l'organisation n'est encore constituée que par des cellules homogènes. Les organes définitifs, os, muscles et nerfs, apparaissent d'emblée avec leurs caractères tératologiques dans des blas-

Fig. 55. Fig. 56.



Ces deux figures, dessinées d'après nature, représentent le corps de deux monstres symméliens en voie de formation. La fig. 55 présente le capuchon caudal rudimentaire, coïncidant avec un ombilic amniotique largement ouvert. On voit parfaitement comment l'arrêt de développement de ce capuchon a produit le renversement du membre. Dans la fig. 56, le développement est plus avancé et l'amnios est complet; mais sa partie postérieure comprime encore l'extrémité postérieure de l'embryon.

Lettres communes. C, cœur. M.A, membres antérieurs. M.P, membres postérieurs renversés. A, amnios. C.C, capuchon caudal.

tèmes ainsi modifiés. Il faut remarquer que ces organes, lorsqu'ils sont rapprochés du plan d'union, peuvent manquer en plus ou moins grand nombre. Cette remarque est d'autant plus importante qu'elle rend compte de certains faits que l'on rencontre fréquemment dans la monstruosité double.

[1] De nouvelles recherches, non encore terminées, me conduisent à penser que ce renversement des membres postérieurs peut s'accompagner d'un renversement partiel de la partie postérieure de la splanchnopleure, sur laquelle ils se sont développés, et qu'alors l'extrémité caudale de l'embryon s'engagerait entre les deux parties inférieures des deux lames du mésentère. J'ai déjà parlé de ce dernier fait à l'occasion de l'omphalocéphalie (voir p. 366). Mais je n'ai pu me faire encore une opinion sur ce point qui nécessite de nouvelles recherches.

La symélie, dont le mode de formation était resté, pendant bien longtemps, absolument mystérieux, s'explique donc de la manière la plus simple. Je dois toutefois ajouter que, dans l'histoire de cette monstruosité, il y a encore un certain nombre de faits dont la connaissance nous manque. Dans la symélie, la région inférieure de l'intestin et les organes génito-urinaires sont frappés d'arrêt de développement, et présentent des anomalies très graves. On signale, dans tous ces monstres, l'absence de la vessie urinaire. Je me demande ce que devient le placenta dans des êtres ainsi conformés. Je n'ai pu rencontrer aucune indication à ce sujet, et je ne puis que soumettre la question aux médecins qui auraient occasion d'assister à la naissance de ces monstres. Il y a là une lacune de la science qu'il est absolument impossible de combler actuellement par des notions purement théoriques.

CHAPITRE VI.

DES CONDITIONS DE LA VIE ET DE LA MORT CHEZ LES MONSTRES SIMPLES AUTOSITES.

SOMMAIRE : 1° Précocité de la mort des monstres simples autosites qui appartiennent à la classe des oiseaux. — 2° Causes de cette mort précoce. Anémie simple. — 3° Anémie compliquée d'hydropisie. — 4° Asphyxie.

§ 1.

Tous les faits que je viens de décrire dans le chapitre précédent donnent la démonstration complète d'une proposition émise au commencement de cet ouvrage : la répétition, chez les oiseaux, des types tératologiques décrits chez l'homme et chez les mammifères[1]. Cette répétition était, avant mes recherches, presque entièrement ignorée. On ne connaissait jusqu'alors, chez les oiseaux, qu'un petit nombre de cas de cyclopie.

L'ignorance de ce fait résulte uniquement, je l'ai déjà dit[2], d'une différence de viabilité. Les monstres simples autosites, qui se produisent chez les mammifères, et qui, attachés par le placenta aux parois de la cavité utérine, y vivent en parasites d'une vie d'emprunt, peuvent atteindre, sans périr, l'époque de la naissance. Tout au plus, dans certains cas, cette époque est-elle un peu avancée. Les monstres simples autosites, qui se produisent dans l'œuf des oiseaux, et qui vivent, en dedans de la coquille, d'une manière tout à fait indépendante de l'organisme maternel, périssent ordinairement à une certaine époque de l'incubation, plus ou moins longtemps avant l'éclosion.

Je suis convaincu que, si l'on étudiait avec soin les œufs qui ne réussissent pas dans l'incubation naturelle ou artificielle, on y trouverait fréquemment des monstres. C'est ainsi, par exemple, que

[1] Voir le chap. II, § 1 et le chap. III, § 2 de la 2e partie.
[2] Voir p. 231.

M. Panum s'est procuré la plupart des éléments de son livre. Mes expériences, faites sur une très grande échelle, et dans le but d'étudier les diverses questions de la tératogénie, m'ont permis de constater l'existence de ce fait très général, que les monstres simples autosites produits chez les oiseaux périssent fatalement, dans la coquille, avant l'éclosion.

D'où provient cette différence de viabilité? Et comment peut-on comprendre que les mêmes organisations monstrueuses aient, si l'on peut parler ainsi, des destinées différentes, suivant les classes dans lesquelles elles se produisent? Le temps n'est pas encore venu où l'on pourra traiter la question dans son ensemble. Pour le moment, je dois me borner à faire connaître les deux événements pathologiques qui font, le plus ordinairement, périr les monstres ornithologiques pendant l'incubation. Ces deux événements sont l'anémie et l'asphyxie. Je ne puis cependant affirmer qu'il n'y ait pas d'autres causes de mort pour les embryons monstrueux.

§ 2.

La nature de l'anémie a été parfaitement mise en lumière, il y a cinquante ans, par les célèbres travaux d'Andral et Gavarret[1]. Cette maladie est essentiellement caractérisée par une diminution notable de la quantité des globules du sang.

Ce fait est très fréquent lorsque les œufs sont mis en incubation dans des conditions anormales[2]. Sans doute, je n'ai pu soumettre le sang des embryons à l'analyse quantitative. Mais, à défaut de procédés chimiques, l'examen microscopique m'a permis de constater dans l'anémie des embryons d'oiseaux une diminution de la quantité des globules bien plus considérable que celle que l'on observe dans l'anémie des adultes. Cette diminution est parfaitement appréciable à la vue simple, car la couleur du sang est beaucoup moins intense que dans l'état normal, et parfois même elle disparaît entièrement. Ce liquide est alors incolore et transparent, et le très petit nombre de globules que l'on peut y constater à l'aide du microscope est trop insuffisant pour lui donner même une légère coloration.

[1] Andral et Gavarret, *Recherches sur les modifications de proportion de quelques principes du sang*, etc., dans les *Ann. de physique et de chimie*, 2e série, t. LXV, 1840.
[2] Dareste, *Sur l'anémie des embryons*, dans les *Archives de zoologie expérimentale*, t. I, p. 169.

L'anémie se produit donc chez l'embryon comme chez l'adulte, et même, le plus ordinairement, avec une gravité tout exceptionnelle : car on n'a jamais signalé chez l'adulte l'existence d'un sang complètement incolore.

L'anémie de l'embryon, ou la diminution plus ou moins complète du nombre des globules qui circulent dans l'appareil vasculaire, se produit de deux manières. Elle résulte tantôt du défaut de formation des globules, et tantôt de l'impossibilité, pour ces globules, de pénétrer dans le cœur et dans l'appareil circulatoire. Il y a là deux événements pathologiques bien distincts, et, par conséquent, deux causes de mort pour l'embryon.

La première forme d'anémie, celle qui résulte du défaut de formation des globules, n'est pas nécessairement liée à la production des monstruosités; elle n'est ni la cause ni l'effet des faits tératologiques; mais elle les accompagne fréquemment, parce qu'elle résulte, comme eux, de certaines modifications dans les conditions extérieures de l'évolution. Je l'ai constatée dans trois circonstances qui peuvent également donner naissance à des monstres : 1° lorsque la température d'incubation est relativement basse (de 30 à 35 degrés); 2° lorsque l'œuf est soumis partiellement à une température assez basse, comme cela arrive, pendant l'hiver, dans la couveuse à air libre; 3° lorsque la coquille de l'œuf est recouverte partiellement par une couche d'un vernis complet, ou totalement par une couche d'un vernis incomplet[1]. L'anémie et la monstruosité peuvent alors coexister, comme les effets d'une même cause; mais ce n'est alors qu'une simple coexistence, comme le prouvent les cas dans lesquels elles ne sont point associées.

L'action de causes extérieures sur la production de l'anémie est parfaitement prouvée par ce fait, que, lorsque ces causes agissent localement, on voit souvent que le défaut de production des globules se produit également d'une manière locale. Ainsi, dans la couveuse à air libre, la partie de l'aire vasculaire la plus éloignée de la source de chaleur présente souvent une diminution très notable dans la quantité des globules, fait rendu très manifeste par la déformation elliptique de cette aire, dont j'ai décrit le mode de production[2]. Ce fait est

[1] J'appelle vernis *complets* ceux qui détruisent complètement la porosité de la coquille, et vernis *incomplets* ceux qui ne la détruisent que partiellement. Voir le § 1 du chap. v de la 1re partie.

[2] Voir le § 4 du chap. II de la 3e partie.



encore bien plus marqué lorsque la température de la pièce où est placé l'appareil est elle-même relativement basse. Il en est de même avec l'application locale d'un vernis sur la coquille. La formation des globules est notablement diminuée dans toutes les parties de l'aire vasculaire qui sont préservées de l'accès de l'air.

Ces faits, très intéressants au point de vue de la physiologie générale, prouvent que la formation des globules exige deux conditions : une certaine température et l'action de l'air, ou plutôt de l'oxygène. Ils nous expliquent très probablement le mode de production d'un certain nombre d'états anémiques chez l'adulte.

C'est un fait curieux de voir que les globules du sang, agents essentiels de la combustion respiratoire, doivent leur origine à l'action de l'air. L'air, qui a traversé la coquille, détermine la production des globules dans les îles de sang; puis, condensé dans ces mêmes globules, il vient se mettre en contact avec les différentes parties de l'organisme pour y exercer son action comburante. La physiologie végétale présente un fait analogue à bien des égards. La radiation lumineuse détermine la production de la chlorophylle, puis, à l'aide de la chlorophylle, la décomposition de l'acide carbonique, ce fait capital de la vie des plantes.

L'anémie simple ne modifie pas l'organisation de l'embryon; mais quand elle atteint un certain degré, elle le fait périr. L'embryon anémique est plus ou moins incolore; il périt ordinairement de bonne heure, avant l'établissement de la respiration allantoïdienne.

Il est très probable que l'on prolongerait la vie des embryons anémiques, en provoquant la formation des globules par une élévation de température, ou par l'ablation des couches de vernis.

Les embryons monstrueux périssent par anémie, lorsqu'ils ont été produits par les conditions mêmes qui produisent l'anémie, c'est-à-dire par l'action d'une température basse ou par l'application du vernis. Mais, ainsi que je l'ai dit, leur mort est alors la conséquence d'un fait complètement étranger à la tératogénie.

§ 3.

Une seconde forme d'anémie, beaucoup plus grave que la précédente, est celle qui se produit lorsque les globules, bien que se formant en abondance dans les îles de sang, ne peuvent pénétrer dans le cœur et dans l'appareil vasculaire de l'embryon.

Cette forme de l'anémie est toujours le résultat d'un événement tératologique, l'arrêt de développement des îles de sang où se forme la première génération des globules.

Lorsque ce fait se produit, le sang sur lequel bat le cœur, et qu'il envoie par le système artériel dans les diverses parties de l'embryon, reste incolore et transparent, comme il l'est toujours au début, avant que les cavités cardiaques se soient mises en communication avec le réseau capillaire de l'aire vasculaire. Or, ce liquide incolore ne diffère pas seulement du sang normal par l'absence des globules; il en diffère aussi par la propriété physiologique qu'il possède de rendre hydropiques les tissus avec lesquels il se met en contact, propriété qui semble indiquer l'absence ou du moins la diminution de l'albumine.

Je me borne à rappeler ces faits. Je les ai décrits dans un autre chapitre[1]. Je rappelle seulement que cette forme d'anémie et l'hydropisie, qui en est la conséquence, amènent toujours, plus ou moins rapidement, la désorganisation et la mort de l'embryon.

§ 4.

L'anémie simple et l'anémie compliquée d'hydropisie se sont toujours produites, dans mes expériences, dès les premiers temps de l'évolution : elles ont fait périr les embryons monstrueux pendant la période qui se termine par l'apparition de la respiration allantoïdienne.

Or les embryons monstrueux dépassent souvent cette période, bien que, le plus ordinairement, ils ne puissent atteindre l'époque de l'éclosion. Ils meurent alors par asphyxie. J'ai rencontré fréquemment de pareils embryons qui vivaient encore, mais qui commençaient à s'asphyxier; et d'autres, en plus grand nombre, qui avaient péri par cette cause.

Leur sang, par suite du défaut de l'hématose, était d'un rouge violacé. Ils présentaient des congestions plus ou moins étendues; et, parfois aussi, des épanchements de sang dans les vésicules cérébrales et dans les cavités de l'amnios et de l'allantoïde.

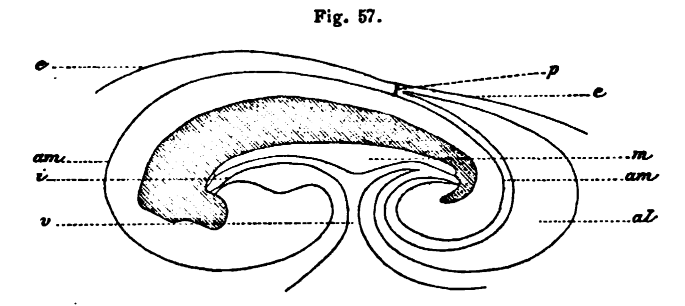
La découverte du mode de production de l'asphyxie embryonnaire, cause la plus ordinaire de la mort des monstres avant l'éclosion, est l'un des premiers résultats de mes recherches, et en même temps l'un

[1] Voir le § 4 du chap. II de la 3e partie.

des plus inattendus. Elle est la conséquence nécessaire des modifications organiques produites par la cause tératogénique.

Faisant, en 1855, des expériences sur le vernissage partiel des œufs, j'avais vu, dans certains cas où j'avais appliqué le vernis sur le gros bout de l'œuf, et par conséquent sur la partie de la coquille qui recouvre la chambre à air, l'allantoïde se diriger vers la partie opposée ou la pointe, contrairement à ce que l'on observe ordinairement[1]. Je crus alors à un déplacement de l'allantoïde, déterminé par l'application du vernis. Plusieurs années après, je constatai ce déplacement de l'allantoïde dans l'intérieur d'œufs dont la coquille était restée intacte, mais que j'avais soumis à l'incubation dans la situation verticale. La

Fig. 57.



Coupe schématique longitudinale d'un embryon pour montrer le pédicule de l'amnios et le mécanisme de l'arrêt de développement de l'allantoïde.

Lettres communes aux fig. 57 et 58 : *s*. enveloppe séreuse. *p*, pédicule de l'amnios. *al*, allantoïde. *am*, amnios. *me*, moelle épinière. *c*, corde dorsale. *ld*, lames dorsales. *som*, somatopleure. *spl*, splanchnopleure. *i*, intestin. *v*, canal vitellin.

diminution partielle de la porosité de la coquille n'était donc pas la cause immédiate du déplacement de l'allantoïde.

Une nouvelle étude de ces faits me prouva que ce déplacement de l'allantoïde n'est qu'une apparence. Ce qui arrive, c'est que l'allantoïde, frappée d'arrêt de développement, ne peut s'étendre dans la partie de l'œuf qui correspond à la chambre à air. Or cet arrêt de développement de l'allantoïde est lui-même la conséquence d'un arrêt de développement de l'amnios[2].

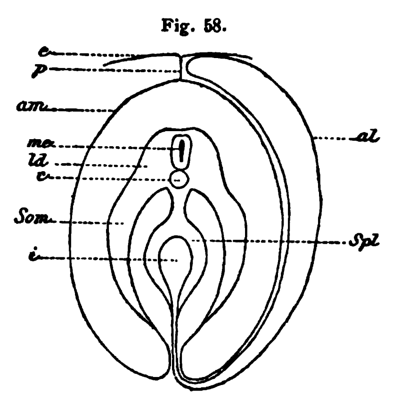
[1] Dareste, *Sur l'influence qu'exerce sur le développement du poulet l'application partielle d'un vernis sur la coquille de l'œuf*, dans les *Ann. des sc. nat.*, 4e série, *Zool.*, t. IV, p. 119, 1855.

[2] Dareste, *Sur les déplacements apparents de l'allantoïde dans l'œuf de poule*, dans les *Comptes rendus* 1863, t. LVI, p. 48. — *Sur les conditions de la vie et de la mort chez les monstres ectroméliens, célosomiens et exencéphaliens, produits*

J'ai montré que, lorsque l'amnios s'arrête dans son développement, c'est-à-dire lorsqu'il y a persistance de l'ombilic amniotique ou du pédicule amniotique, il conserve sa continuité avec l'enveloppe séreuse, tandis qu'il s'en sépare complètement dans l'évolution normale. Or la continuité de l'amnios avec l'enveloppe séreuse forme une barrière que l'allantoïde ne peut franchir, et elle arrête fatalement le développement de cet organe.

L'allantoïde apparaît, à un certain moment, comme une excroissance de l'intestin postérieur ou du rectum. Elle sort de la cavité abdominale par l'ombilic cutané sur le côté droit de l'embryon qui s'est retourné sur le côté gauche, et elle s'élève peu à peu dans le cœlome pour venir se mettre en contact médiat avec la face inférieure de la coquille dont elle est séparée par l'enveloppe séreuse. Lorsqu'elle a atteint ce point elle s'étend dans tous les sens au-dessous de la coquille, de manière à constituer un organe respiratoire interposé entre la coquille d'une part, l'embryon contenu dans l'amnios et le sac vitellin de l'autre. Mais, comme son point de départ est généralement plus rapproché du pôle obtus de l'œuf que du pôle aigu, et que le pôle obtus est occupé par la chambre à air, dont la capacité augmente pendant toute la durée de l'incubation, l'allantoïde semble d'abord se diriger vers la chambre à air.

Fig. 58.



Coupe schématique transversale d'un embryon pour montrer les mêmes faits. (Voir, pour les lettres, la figure 57.)

Or s'il arrive que l'amnios ait conservé sa continuité avec l'enveloppe séreuse, ou, en d'autres termes, s'il y a permanence de l'ombilic ou du pédicule amniotique, ces parties constitueront une barrière que l'allantoïde ne pourra franchir. Elle s'arrêtera donc dans son développement, et ne pourra s'étendre que dans un seul sens. Tandis que dans l'état normal, et dans la position que l'embryon occupe le plus généralement, l'allantoïde s'étend d'abord du côté du pôle obtus; dans ces conditions nou-

artificiellement dans l'espèce de la poule, dans les *Ann. des sc. nat.*, 4e série, *Zool.*, 1863, t. XX, p. 72 et suiv. Voir le § 7 du chap. II de la 3e partie.

velles, elle se dirige uniquement du côté du pôle aigu. L'allantoïde semble donc s'éloigner de la chambre à air, et, par conséquent, se placer autrement que dans l'état normal. Mais les détails dans lesquels je viens d'entrer prouvent que ce déplacement de l'allantoïde n'est qu'une apparence, et non une réalité comme je l'ai cru à une certaine époque[1].

Ces déplacements apparents, ou, pour parler plus exactement, ces arrêts de développement de l'allantoïde, jouent un rôle considérable dans la physiologie de l'embryon monstrueux; car ils le condamnent fatalement à une mort précoce par asphyxie. C'est par ce procédé que j'ai vu périr, dans mes expériences, tous les monstres qui avaient dépassé une certaine époque de la vie, et chez lesquels la respiration allantoïdienne avait commencé à s'établir.

J'ai attribué pendant longtemps ces faits d'asphyxie à l'action de causes extérieures, et par conséquent accidentelles. J'avais fait, au commencement de mes recherches, un très grand nombre d'expériences sur le vernissage des œufs; et, tout naturellement, j'étais conduit à expliquer, par l'obstacle apporté à la pénétration de l'air, l'origine de l'asphyxie. Assurément, cette cause a pu agir dans un certain nombre de cas. Il est bien évident que si la respiration est nécessaire à l'embryon, comme à l'animal adulte, toute cause extérieure qui empêchera le contact de l'air et des globules, ou, du moins, qui le diminuera dans une proportion notable, déterminera l'asphyxie, et par conséquent la mort.

Mais, lorsque j'ai employé d'autres procédés tératogéniques, j'ai reconnu que l'asphyxie pouvait également atteindre et faire périr les embryons monstrueux, lorsque la perméabilité de la coquille était intacte. J'ai donc été ainsi conduit à reconnaître que, dans mes expériences, l'asphyxie de l'embryon était le plus ordinairement déter-

[1] Pour que les faits se produisent de la sorte, il faut se placer dans l'hypothèse de la position normale de l'embryon dans l'œuf, position qui a été constatée par Baer (voir p. 289) et que j'ai eu maintes fois occasion de vérifier. Or cette position est très ordinaire; mais elle n'est pas constante. Supposons, en effet, que l'embryon occupe primitivement une position inverse, et que le côté droit de son corps, et non le côté gauche, regarde la chambre à air; lorsque l'embryon se retournera, l'allantoïde, si le pédicule amniotique persiste, peut sembler se diriger vers la chambre à air, et fuir le pôle aigu de l'œuf. Il serait également possible de déterminer la position de l'allantoïde pour le cas où l'axe de l'embryon serait parallèle au grand axe de l'œuf; et aussi pour les cas d'hétérotaxie, cas où l'embryon se retourne en sens inverse, et où l'allantoïde sort au côté gauche et non au côté droit. Mais cela n'aurait aucun intérêt.



minée par des causes provenant de l'organisme lui-même, et que par conséquent elle n'avait été que très exceptionnellement déterminée directement par les vernis imperméables à l'air. Je dis *directement*, parce qu'il est bien clair que toutes les fois que j'ai obtenu une monstruosité par l'application d'un vernis imperméable, cette application a produit l'asphyxie d'une manière indirecte, en provoquant l'action de cette cause inconnue dont je signale l'existence.

Or, cette cause inconnue, c'est évidemment l'arrêt de développement de l'allantoïde, et cet arrêt de développement de l'allantoïde a lui-même pour cause un arrêt de développement de l'amnios. J'ai montré d'ailleurs à diverses reprises la liaison qui existe entre la plupart des monstruosités simples et les arrêts de développement de l'amnios, puisque ces faits s'accompagnent presque toujours, et peut-être toujours; et que, dans un grand nombre de cas au moins, l'arrêt de développement de l'amnios est la cause prochaine des monstruosités simples. Ainsi, dans cette partie de la tératologie, comme dans toutes les autres, tout se tient et tout s'enchaîne. L'arrêt de développement de l'amnios détermine la production d'un organisme monstrueux, et un peu plus tard l'arrêt de développement de l'allantoïde. Or, l'arrêt de développement de l'allantoïde détermine à son tour l'asphyxie de l'embryon monstrueux, qui périt nécessairement, fatalement, dans l'intérieur de la coquille, au moment précis où cet organe ne peut plus fournir la quantité d'oxygène nécessaire pour alimenter la combustion respiratoire.

C'est donc la même cause qui, le plus ordinairement, produit une monstruosité dans un embryon, et la condition anatomique qui amènera son asphyxie.

Mais cette association d'une modification tératologique de l'embryon, avec la modification de l'allantoïde qui doit le faire périr, bien que très fréquente, n'est pas cependant nécessaire. L'arrêt de développement de l'allantoïde peut exister seul. J'ai observé plusieurs fois des embryons, parfaitement normaux d'ailleurs, morts d'asphyxie par suite d'un arrêt de développement de l'allantoïde. Le fait inverse, celui d'un embryon monstrueux avec une allantoïde développée d'une manière normale, est beaucoup plus rare : ce qui s'explique facilement, car, dans ce cas, l'arrêt de développement de l'amnios, cause déterminante de la monstruosité, ne s'était pas maintenu, et la disparition du pédicule amniotique avait permis à l'allantoïde de se développer d'une manière normale et complète. Tel était le cas d'un

monstre hyperencéphale qui avait péri, très peu de temps avant l'éclosion, par suite de la non-pénétration du jaune dans la cavité abdominale[1]. C'est le seul que j'aie observé. Je suppose qu'il en était ainsi dans les six cas de cyclopie, observés chez les oiseaux, qu'Is. Geoffroy Saint-Hilaire mentionne dans son ouvrage[2].

[1] Dareste, *Note sur la viabilité des embryons monstrueux de l'espèce de la poule;* dans les *Comptes rendus*, 1883, t. XCVII, p. 1672. — Voir la figure de cet embryon, p. 405, fig. 53.

[2] Is. Geoffroy Saint-Hilaire, *Traité de tératologie*, t. II, p. 411.

CHAPITRE VII

ORIGINE DE LA MONSTRUOSITÉ DOUBLE ET GÉMELLITÉ.

SOMMAIRE : 1° Théories de la dualité et de l'unité primitives. — 2° Idées d'Is. Geoffroy Saint-Hilaire sur la production de la monstruosité double chez les mammifères et chez l'homme. — 3° Observations sur la gémellité et sur la production de la monstruosité double chez les oiseaux. — 4° Observations sur la gémellité et sur la production de la monstruosité double chez les poissons. — 5° État présent de la science relativement à la cause de l'apparition de deux centres de formation embryonnaire dans une cicatricule unique.

§ 1.

Toutes les anomalies et les monstruosités dont j'ai décrit, jusqu'à présent, le mode de formation appartiennent à des êtres primitivement simples.

Il y a des êtres monstrueux qui présentent, en plus ou moins grand nombre, les éléments de deux individus[1]. Le plus ordinairement ce doublement n'est que partiel, et ne porte que sur certaines régions. Tels sont les monstres à deux têtes sur un seul corps, dont on connaît des exemples dans l'espèce humaine. Dans certains cas, beaucoup plus rares, le doublement est complet, et l'être monstrueux est constitué par l'union des deux individus à l'organisation desquels rien ne manque. Tels étaient les frères Siamois qui ont, de nos jours, si vivement attiré l'attention pendant un demi-siècle.

La première pensée qui se présente à l'esprit, à la vue de ces organisations, c'est qu'elles résultent de la soudure de deux êtres primitivement distincts. Mais lorsque, au commencement du siècle dernier, on soumit les monstres à l'analyse anatomique, l'hypothèse de la soudure sembla présenter de telles difficultés qu'on lui opposa celle du doublement partiel, et parfois total, d'un certain nombre de parties, chez un embryon primitivement simple. Dans la première

[1] Et même parfois de trois.

hypothèse, ces êtres monstrueux étaient des *monstres doubles*; dans la seconde, des *monstres par excès*. Ces deux hypothèses impliquent évidemment des faits physiologiques très différents. J'ai toujours soutenu, pour ma part, l'hypothèse de la dualité primitive; et j'espère faire partager à mes lecteurs les motifs qui me la font admettre. Mais pour le moment je ne parlerai ni de *monstres doubles* ni de *monstres par excès* : j'emploierai provisoirement le terme de *Diplogenèses* qui n'implique aucune hypothèse.

Ces deux hypothèses de la duplicité monstrueuse et de la monstruosité par excès, ou, en d'autres termes, de la dualité primitive et de l'unité primitive, qui sont encore actuellement en lutte, ont été plus ou moins modifiées depuis leur entrée dans la science. Je ne puis donc aborder leur discussion sans rappeler, très succinctement d'ailleurs, les phases qu'elles ont successivement traversées.

Au commencement du siècle dernier, la doctrine de la préexistence des germes régnait d'une manière incontestée. Dans cette doctrine, la formation des diplogenèses ne pouvait s'expliquer que de deux façons : ou bien des fœtus bien conformés et possédant une organisation complète, primitivement séparés, se seraient soudés l'un à l'autre pour constituer un être unique; ou bien l'être affecté de diplogenèse aurait été tel dès son origine, et par conséquent dès l'origine de l'espèce elle-même, la préexistence des germes entraînant la préexistence des germes monstrueux. Ces deux hypothèses furent soutenues, la première par Lémery, la seconde par Duverney et Winslow. Ceux-ci se fondaient sur l'admirable régularité des monstres doubles, autre mais non moins grande que celle des êtres normaux. Ils ne pouvaient admettre que cette régularité proviendrait d'un fait purement accidentel, d'une soudure produite par la pression réciproque de deux individus d'abord séparés, comme le supposait Lémery. Sans doute, Duverney et Winslow mettaient l'origine des diplogenèses en dehors et au-dessus de la science; mais ils y mettaient de même l'origine des êtres normaux. D'autre part Lémery ne pouvait défendre sa thèse de la soudure qu'en accumulant les hypothèses les plus invraisemblables. Il aurait fallu pour cela que deux œufs juxtaposés eussent été pressés l'un contre l'autre; que leurs enveloppes eussent été partiellement détruites; que les embryons, contenus dans ces œufs, se fussent juxtaposés puis comprimés; que cette compression eut détruit une partie plus ou moins considérable de leurs corps; enfin que les parties restantes se fussent soudées pour former une organisation harmonique.

Évidemment, tout cela était inadmissible. Les contemporains donnèrent donc gain de cause à Duverney et à Winslow[1].

Wolff, qui combattit la doctrine de la préexistence des germes, et qui fit revivre la doctrine de l'épigenèse introduite dans la science par Harvey, semblait appelé par ses découvertes à fonder la tératogénie sur l'embryogénie. Mais les éléments d'une pareille étude lui manquaient, comme ils avaient manqué à ses devanciers: il devait donc se borner, comme eux, à déduire la tératogénie de la connaissance de l'organisation des monstres. La régularité des monstres doubles lui sembla, comme à Duverney et à Winslow, exclure absolument l'idée de la formation des diplogenèses par la soudure de deux embryons primitivement séparés. Aussi substitua-t-il à l'hypothèse de la monstruosité originelle celle de la monstruosité virtuelle. Dans cette hypothèse, l'embryon qui ne préexiste pas mais qui se produit, au moment de la fécondation, par le concours de l'élément mâle et de l'élément femelle, contient en puissance, dès son origine, tous les détails d'organisation qu'il présentera lorsqu'il aura atteint l'âge adulte. La direction de l'évolution est donc déterminée au moment même de la fécondation; mais elle peut-être anormale si elle a été plus ou moins modifiée par une modification accidentelle des circonstances dans lesquelles se produit cet acte physiologique. L'embryon est alors monstrueux, soit par l'absence ou la formation incomplète de certaines parties, soit par la formation de parties nouvelles. Wolff d'ailleurs n'alla pas plus loin; il se contenta d'exprimer ces idées d'une manière générale et sans en faire une application spéciale aux faits tératologiques[2].

[1] Voir l'Introduction, pp. 15 et suiv.

Je dois dire ici qu'Is. Geoffroy Saint-Hilaire rendant compte, dans le *Traité de Tératologie*, de la discussion de Winslow et Lémery (t. III, 4ᵉ partie, Lib. 2, chap. 1ᵉʳ, §§ 2 et 3) a considérablement exagéré le mérite de ce dernier savant. Cela tient à ce qu'il n'a pas vu que Lémery admettait, avec Winslow, la préexistence des germes ou, comme on le disait alors, le *système des œufs*. Si Lémery s'était débarrassé de cette doctrine, il aurait été réellement le créateur de la tératogénie; tandis qu'il n'a fait que combattre, par de très médiocres arguments, le système de la monstruosité originelle.

[2] Wolff. *De ortu monstrorum* dans les *Mém. de l'Ac. des Sc. de Saint-Pétersbourg*, 1772, t. 17.

L'hypothèse de Wolff sur la monstruosité virtuelle, bien qu'entièrement différente de l'hypothèse de Duverney et de Winslow, aboutissait cependant au même résultat, puisqu'elle implique que le mode d'évolution de l'embryon est déterminé d'une manière invariable dès l'époque de la fécondation. Aussi a-t-on souvent considéré Meckel, dont la doctrine tératogénique reproduit très exactement

Cette application fut l'œuvre de Meckel, qui fit connaître à l'Allemagne les travaux de Wolff[1].

Nous n'avons, pour le moment, qu'à nous occuper des diplogenèses. Meckel les considéra toutes comme des monstruosités par excès[2], et les expliqua par la production, dans un être primitivement simple, de parties surnuméraires résultant du dédoublement tantôt d'un organe particulier, tantôt d'une région entière du corps, tantôt même du corps tout entier. Ce dédoublement peut présenter d'ailleurs tous les degrés possibles, depuis la formation d'un doigt ou même d'une phalange jusqu'à la formation de deux êtres complets

celle de Wolff, comme ayant été l'un des derniers adeptes de l'hypothèse de la monstruosité originelle (Is. Geoffroy Saint-Hilaire. *Traité de Tératologie,* t. III, p. 496). En réalité, bien que ces deux hypothèses conduisent à la même notion, elles sont cependant, dans leur principe, complètement différentes. Mais cette différence est surtout de l'ordre métaphysique. Wolff combat l'hypothèse de la monstruosité originelle. Dans cette hypothèse, dit-il, les monstres sont l'ouvrage immédiat du créateur. Mais on ne peut attribuer à la sagesse infinie la pensée d'avoir créé des êtres, parfaitement réguliers sans doute, mais plus ou moins dépourvus des conditions de la viabilité. Au contraire, la formation des monstres doit s'expliquer, comme la formation des êtres normaux, par l'action de causes naturelles. Lorsque ces causes agissent dans les conditions ordinaires, elles produisent des êtres normaux; si leur action est modifiée plus ou moins par des causes accidentelles, elles produisent des monstres.

Je dois faire remarquer d'ailleurs que Wolff, en rattachant la formation des monstres à la fécondation, avait très probablement entrevu la vérité en ce qui concerne la formation des diplogenèses. En effet les découvertes récentes sur la fécondation tendent à faire supposer qu'elles résultent d'un mode particulier d'action des spermatozoïdes sur l'élément femelle

[1] Les idées de Wolff sur l'épigenèse, exposées dans un premier ouvrage ayant pour titre *Theoria generationis*, et publié en 1759, furent complètement méconnues en Allemagne. Wolff, comme un grand nombre d'inventeurs, eut à subir l'indifférence et peut-être même l'hostilité des savants dont il dérangeait les idées. Il quitta l'Allemagne pour aller s'établir à Saint-Pétersbourg; et c'est là qu'il publia ses célèbres mémoires *sur la formation des intestins* (*De formatione intestinorum*, 1768 et 1769) et *sur l'origine des monstres* (*De ortu monstrorum*, 1772). Meckel les fit connaître à l'Allemagne; il traduisit même le premier en allemand. Le nom de Wolff a été pendant longtemps si peu connu que les deux grandes biographies universelles publiées en France dans notre siècle, celles de Michaud et de Hœfer, n'en font aucune mention. Et cependant Wolff, qui est, en réalité, le créateur de l'embryogénie, est l'un des hommes qui ont le plus contribué aux progrès des sciences biologiques.

[2] Il y a assurément des monstruosités par excès; mais elles sont assez rares. Je me suis déjà expliqué sur ce point (Voir p. 199 et le chapitre 3, § 5, de la 3e partie). Je dois d'ailleurs faire remarquer, pour éviter toute confusion, que le mot d'*excès de développement* a, en tératologie, deux acceptions bien différentes. Tantôt il indique la production de parties surnuméraires, et tantôt l'état d'un organe qui dépasse l'état qu'il présente dans son développement normal (Voir, pour ce dernier cas, le chap. 1er, § 3, de la 2e partie).



et distincts, de deux jumeaux. Voici comment Meckel rend compte de ces faits. Le corps de l'animal peut se diviser sur le plan médian en deux moitiés symétriques qui se répètent plus ou moins complètement. Meckel, prenant pour point de départ les notions embryogéniques encore très imparfaites qui régnaient alors, pensait que ces deux moitiés sont d'abord séparées et ne se réunissent l'une à l'autre que d'une manière consécutive. Or ces deux moitiés peuvent ne pas se réunir, ou du moins ne se réunir que d'une manière partielle. Alors les parties qui ne se sont pas réunies se complètent par la formation de parties nouvelles. Meckel fait intervenir, à l'appui de cette hypothèse, les observations de fissiparité qui se produisent, naturellement ou artificiellement, chez certains animaux inférieurs, les Hydres et les Vorticelles par exemple.

La cause de ce dédoublement, pour Meckel comme pour Wolff, est une modification de la force qui détermine l'évolution, force qui a son origine, comme l'embryon lui-même, dans l'acte de la fécondation. Toutefois Meckel va plus loin que Wolff, car il admet que la cause perturbatrice peut aussi intervenir soit avant la fécondation, pour modifier l'élément mâle ou l'élément femelle, soit après la fécondation pour modifier l'embryon lui-même[1].

Assurément cette doctrine pouvait paraître vraisemblable. Toutefois, quand on l'examine, on voit qu'elle présente théoriquement des difficultés aussi grandes que celle de la fusion de deux embryons. Il est aussi difficile de comprendre, dans la première de ces théories, la formation de parties nouvelles pour compléter les parties divisées, que de comprendre, dans la seconde, la disparition des parties qui permettrait aux deux moitiés restantes des embryons de s'unir l'une à l'autre.

Il y a même des cas de diplogenèses que cette doctrine est absolument impuissante à expliquer, ceux dans lesquels certaines régions du corps sont composées de doubles éléments, comme les doubles bassins des ischiopages, les doubles poitrines des sternopages et des monstres sycéphaliens, les doubles faces de certains de ces derniers. Ces faits, absolument incompréhensibles dans l'hypothèse de l'unité primitive

[1] MECKEL. *Handbuch der pathologischen Anatomie*, t. I, p. 38. Die Richtung und Energie der bildenden Kraft aber kann durch so viele Momente abgeändert werden, als auf das Generations- und Nutritionsgeschäft einwirken und dieses abändern können, sie mögen nun vor der Begattung und Zeugung, oder während oder nach derselben eintreten.



et de la fissiparité, s'expliquent de la manière la plus simple dans l'hypothèse de la fusion de deux embryons primitivement distincts. On verra d'ailleurs que cette hypothèse a été confirmée par l'observation des faits.

Mais ces cas de diplogenèse sont rares. Et par conséquent, lorsque Meckel, au commencement du siècle, s'occupait de tératologie, la théorie de l'unité primitive avec division ultérieure paraissait rendre mieux compte des diplogenèses que la théorie de la dualité telle que Lémery l'avait présentée, comme la soudure des deux corps embryonnaires primitivement séparés, soudure résultant d'une pression réciproque et purement accidentelle. On comprend donc qu'elle ait été généralement adoptée, surtout en Allemagne où elle trouva des défenseurs comme Baer et J. Müller[1], qui furent suivis par beaucoup d'autres physiologistes. Elle y revêtit d'ailleurs des formes assez diverses. Les uns pensèrent que la division de l'embryon était tardive, tandis que d'autres admirent que cette division se produisait sur le germe lui-même avant la formation du corps embryonnaire. Dans cette dernière manière de voir, la division des germes pourrait être longitudinale ou transversale, c'est-à-dire s'opérer suivant une ligne parallèle ou suivant une ligne perpendiculaire à l'axe du corps.

En 1826, Ét. Geoffroy Saint-Hilaire, ayant eu l'occasion d'étudier certains cas de diplogenèse, fit revivre l'hypothèse de la dualité, mais en la présentant tout autrement que Lémery. Pour ce dernier, la soudure de deux embryons, primitivement séparés, était un fait purement accidentel, un simple effet du hasard. Geoffroy Saint-Hilaire fut conduit par ses études à constater que l'union des deux embryons dans les diplogenèses se fait toujours suivant certaines lois. Il vit que, dans ces monstruosités, les deux sujets composants sont toujours unis à l'extérieur par les faces homologues de leurs corps, et à l'intérieur par les organes homologues. Cette loi, que l'on désigne sous le nom de *loi d'union des parties similaires*, régit presque toutes les organisations diplogenésiques, quelque variées qu'elles soient d'ailleurs. Puis il chercha à rendre compte de cette union des parties similaires par la tendance qu'elles auraient à s'unir, et, par conséquent, par leur attraction réciproque. De là une nouvelle loi tératogénique que Geoffroy

[1] Baer, *Ueber einen Doppelembryo vom Huhne am Anfange des dritten Tages der Bebrütung*, dans les *Archives* de Meckel, t. II, p. 476, 1827. — J. Müller, *Ueber die Metamorphose des Nervensystems in der Thierwelt*, dans les *Archives* de Meckel, t. III, p. 1, 1828.



Saint-Hilaire désigna sous le nom de *loi d'affinité de soi pour soi.*

Mais Geoffroy Saint-Hilaire n'alla pas plus loin. En cette circonstance, comme dans beaucoup d'autres, il se contenta d'ouvrir la voie sans s'y engager lui-même. Il était réservé à son fils d'achever cette œuvre en montrant comment l'hypothèse de la dualité et la loi de l'union des parties similaires rendent facilement compte de la formation de presque tous les types de la diplogenèse[1], même de ceux qui présentent l'organisation la plus compliquée et en même temps la plus étrange.

Tels sont par exemple les doubles bassins, les doubles poitrines, les doubles faces que je mentionnais comme absolument inexplicables dans la théorie de Meckel. Pour Is. Geoffroy Saint-Hilaire ces faits s'expliquent de la manière la plus simple, dans l'hypothèse de la dualité. Chacune de ces régions du corps et chacun des organes qu'elles contiennent appartiennent par moitié à chacun des sujets composants. La fusion de deux organisations est, chez ces êtres, aussi complète que possible, et produit des organisations nouvelles dont l'étrangeté dépasse tout ce que l'on peut imaginer.

Mais si l'hypothèse de la dualité primitive rendait compte de la formation de la plupart des diplogenèses, elle présentait cependant, au moins en apparence, telle qu'elle avait été présentée par les deux Geoffroy Saint-Hilaire, d'assez grandes difficultés qui l'empêchèrent pendant longtemps d'être appréciée à sa juste valeur. Ainsi que je l'ai montré plus haut[2], ces difficultés sont parfois tellement considérables que cette hypothèse n'a pu entraîner la conviction de la plupart des tératologistes. Mais elles résultaient uniquement de l'ignorance où l'on était, il y a soixante ans, des premières périodes de l'évolution de l'embryon[3].

Les progrès de l'embryogénie et l'observation des faits permettent aujourd'hui de faire évanouir toutes les difficultés qu'a présen-

[1] Il est bien clair que ces explications ne sont pas applicables aux monstruosités par inclusion. Certains cas d'implantations anormales de membres surnuméraires échappent actuellement à la loi de l'union similaire. Doivent-ils quelque jour lui être rattachés ? Ou bien exigent-ils une autre explication? Pour le moment, on ne peut que s'abstenir.

[2] Voir page 207.

[3] Le premier traité un peu complet d'Embryogénie est celui de Baer. Mais le premier volume de cet ouvrage qui renouvela la science de l'évolution parut en 1828, et le second en 1837. Il ne fut traduit que plus tard. On comprend donc comment ce livre resta pendant longtemps ignoré dans notre pays.



tées pendant longtemps la théorie de Geoffroy Saint-Hilaire sur le mode de formation des monstres doubles[1].

La lutte entre les deux hypothèses de la dualité et de l'unité primitives aurait été interminable s'il n'avait été possible de substituer, à des considérations théoriques, l'étude directe des faits. Mais il fallait trouver ces faits.

On a vu, dans les chapitres précédents, comment je suis parvenu à faire connaître l'évolution des monstres simples par l'observation même des anomalies et des monstruosités que je produis artificiellement, en nombre aussi considérable que je le veux. Mais la tératogénie, dans son état actuel, ne peut produire les monstres doubles.

Assurément, cette impuissance de la tératogénie n'est que relative. Si, comme aujourd'hui tout le fait supposer, la production des monstres doubles se rattache à la fécondation, ce problème physiologique pourra être résolu, très prochainement peut-être, par la fécondation artificielle dans toutes les classes d'animaux où la fécondation est extérieure. Mais, en attendant, nous devons nous contenter de l'étude des monstres doubles en voie de formation que des hasards heureux nous permettent de rencontrer.

Or ces hasards deviennent de plus en plus fréquents par suite de l'extension que prennent tous les jours les études embryogéniques. Déjà, au siècle dernier, Jacobi, dans sa célèbre lettre sur la pisciculture[2], avait signalé la présence d'un certain nombre de doubles embryons et de monstres doubles dans les œufs de truite qu'il fécondait artificiellement. Lorsque cette pratique fut reprise, il y a quarante ans, les faits de ce genre se sont multipliés. Une discussion célèbre sur l'origine des diplogenèses qui s'éleva en 1855, devant l'Académie des Sciences de Paris, porta presqu'exclusivement sur la classe des poissons[3]. Depuis cette époque, l'étude de la diplogenèse dans cette classe a suscité en Allemagne de nombreux travaux, par exemple ceux de Knoch, d'Œllacher et de Rauber[4]. Il y a là un ensemble de faits

[1] Voir le chap. IX de la 3ᵉ partie.

[2] La lettre de Jacobi a été publiée en 1765 dans le *Magasin de Hanovre*. Rauber l'a publiée de nouveau en 1878 à la suite de son mémoire qui a pour titre : *Die Theorien der excessiven Monstra*, dans les *Archives* de Virchow. T. 78, p. 118.

[3] Voir les pièces de cette discussion dans les *Comptes rendus* 1855. T. XL, *passim*. Voir aussi le mémoire de LEREBOULLET déjà cité (p. 63) et celui de M. DE QUATREFAGES, *Mémoire sur la monstruosité double chez les Poissons;* dans les *Mémoires de la Société philomathique*, 1888.

[4] KNOCH. *Ueber Missbildungen betreffend die Embryonen des Salmonen und*

assez considérable pour permettre, dès à présent, d'en tirer des conclusions générales.

Ces faits sont beaucoup plus rares dans la classe des oiseaux. Toutefois ils s'y sont rencontrés. A l'époque où j'ai commencé mes études sur la formation des monstres doubles, on avait signalé quelques cas, très peu nombreux, de gémellité et de monstruosité double dans des œufs de poule ou d'oie soumis à l'incubation. Mais ces cas étaient restés isolés et n'avaient pu servir à l'établissement d'une loi générale. Dès le début de mes recherches j'ai rencontré un assez grand nombre de ces faits, et j'ai pu, en les comparant à ceux que mes devanciers avaient observés, réunir des éléments suffisants pour ébaucher une théorie de la monstruosité double chez les oiseaux.

J'ai publié en 1865, dans une courte note, l'indication des résultats généraux auxquels j'étais arrivé[1]. J'étais déjà en possession de toutes les idées sur la monstruosité double que j'ai développées en 1874[2] et en 1877[3]. D'autres physiologistes ont fait connaître, depuis cette époque, un certain nombre de faits du même genre. Je n'ai rien trouvé, dans leurs ouvrages, qui m'ait conduit à modifier les idées que j'avais émises sur ce point important de tératogénie.

Coregonus-Geschlechter, 1873. *Bulletins de la Soc. impér. de Moscou*. T. XCVI. — Œllacher. *Terata mesodidyma vom Salmo Salvelinus*, dans les *Bulletins de l'Ac. des Sc. de Vienne*. 1873. T. XXVIII, p. 299. — Rauber. *Die Theorien der excessiven Monstra*, dans les *Archives* de Virchow. 1877 et 1878. T. 71, 73 et 74.

[1] Dareste. *Note sur les œufs à double germe et sur les origines de la duplicité monstrueuse chez les oiseaux* (*Comptes rendus*, t. LX, p. 562. 1865. Voir la note F à la fin de la 3e partie). Ce travail n'est pas d'ailleurs le premier que j'aie publié sur les monstres doubles; mais c'est le premier dans lequel, ayant pu observer moi-même un assez grand nombre de faits, j'ai exposé une théorie qui me fut propre. Dans un travail publié en 1861 sous ce titre : *Mémoire sur l'histoire physiologique des œufs à double germe et sur l'origine de la duplicité monstrueuse chez les oiseaux* (*Ann. des Sc. nat.* 5e série. *Zoologie*, t. XVII, p. 31. 1861), j'avais déjà reproduit et commenté tous les faits indiqués par les auteurs, mais je n'avais observé que deux faits particuliers, et je ne possédais, sur les faits que j'avais mentionnés, que des notions insuffisantes. J'avais entrepris d'ailleurs ce travail sous l'influence d'idées préconçues, et qui ne me permettaient pas toujours d'interpréter les faits comme ils auraient dû l'être. Aussi ce travail est-il très incomplet. Mais je dois le mentionner parce qu'il a été le point de départ de toutes mes études sur la monstruosité double. Au contraire je n'ai presque rien changé aux idées exprimées dans la note de 1865.

[2] Dareste. *Mémoire sur l'origine et le mode de formation des monstres doubles; Archives de Zool. expérimentale*. T. IV, p. 74, 1874. — *Sur les monstres doubles, communications faites à la Soc. d'Anthropologie à propos du monstre double Millie-Christine*, dans le *Bulletin de la Soc. d'Anthropologie*. T. VIII, p. 880, 893, 1873. L. IX, p. 147, 322, 1874.

[3] Dans la première édition du présent livre.

Assurément, les faits que j'ai observés ou qui ont été observés par d'autres, chez les oiseaux, sont beaucoup moins nombreux que ceux que l'on a rencontrés chez les poissons. Il semblerait donc tout d'abord que l'on devrait chercher surtout dans cette dernière classe les éléments de l'étude de la formation des monstres doubles. Mais si les montres doubles y sont fréquents, les types de la monstruosité double y sont beaucoup moins diversifiés que chez les oiseaux. C'est ainsi que l'embryon de poisson qui conserve toujours ses rapports primitifs de position avec le vitellus ne peut présenter certains types de la monstruosité double qui se produisent chez l'embryon d'oiseau, lequel se retourne sur le jaune et par conséquent peut se souder, par union antérieure, avec un autre embryon. Rien donc, jusqu'à présent, ne peut remplacer les documents que les études des embryons d'oiseaux fournissent actuellement pour la connaissance du mode de formation des monstres doubles.

J'ai, dans la note de 1865, considéré l'hypothèse de la dualité comme rendant exactement compte de l'origine de la diplogenèse. L'examen et la comparaison de tous les faits que j'ai observés moi-même ou que j'ai étudiés dans les mémoires des physiologistes m'a pleinement confirmé dans l'opinion que je soutenais alors. Pour moi, la monstruosité double est toujours la conséquence de la gémellité.

Mais deux conditions sont nécessaires pour que deux corps embryonnaires s'unissent pour constituer une monstruosité double.

La première est que deux embryons ou, plus exactement, deux centres de formation embryonnaire se produisent sur une même cicatricule. Il y a donc toujours entre eux, au début, une union médiate résultant de la communauté de l'ectoderme et de l'entoderme, union qui précède l'union immédiate résultant de leur soudure.

La seconde condition est que les deux corps embryonnaires soient assez rapprochés dans la cicatricule pour pouvoir s'unir par leurs a ces homologues. Lorsque cette condition n'existe pas, les embryons ne peuvent s'unir directement entre eux; ils se développent isolément en constituant des jumeaux.

J'espère que l'exposé des faits fera partager ma conviction à mes lecteurs. Mais je dois faire remarquer, avant d'entrer dans cette étude, que la théorie de la dualité, telle que je la comprends, et celle de l'unité, telle qu'elle est aujourd'hui admise par un certain nombre d'embryogénistes, ont fini par se rapprocher l'une de l'autre de telle façon qu'il est assez difficile de déterminer ce qui les sépare. En effet,

les défenseurs de l'unité et ceux de la dualité admettent l'unité primitive de la cicatricule, c'est-à-dire du germe; mais dans la doctrine de l'unité, le germe ou la cicatricule se diviserait spontanément, de manière à former deux corps embryonnaires qui plus tard s'uniraient partiellement ou totalement. La seule différence qui existe actuellement entre ces deux doctrines, c'est que, dans la doctrine de la dualité, les deux centres de formation embryonnaire existeraient virtuellement dans la cicatricule, comme conséquence de la fécondation, tandis que, dans la doctrine de l'unité, la cicatricule ne contiendrait pas virtuellement deux centres de formation embryonnaire, mais les produirait accidentellement dans des conditions qui n'ont pas encore été déterminées. Voilà où viennent aboutir ces deux théories qui paraissaient, à leur origine, absolument opposées.

§ 2.

Les monstres doubles ont été, pendant longtemps, principalement observés chez l'homme et les mammifères. Mais il résulte du fait de la viviparité, qui les caractérise, que l'on ne possède encore aucune observation directe sur le mode de formation des monstres doubles dans cette classe.

Toutefois Is. Geoffroy Saint-Hilaire avait parfaitement entrevu certaines conditions de la production des monstres doubles chez les mammifères. C'est un des plus remarquables exemples de cette faculté de divination que possédaient à un si haut degré les deux fondateurs de la tératologie.

Lémery, qui croyait à la préexistence des germes, avait expliqué la formation des monstres doubles par la soudure de deux embryons complètement formés et produits dans des œufs différents. Cette doctrine soulevait un nombre considérable de difficultés et même d'impossibilités physiologiques; elle ne pouvait par conséquent résister aux objections de Winslow. Mais ces objections ne portaient pas contre la doctrine même de la dualité, comme le croient beaucoup de physiologistes; elles n'avaient une valeur réelle que lorsqu'on les adressait à la manière spéciale dont Lémery comprenait cette doctrine.

Il est intéressant de voir que Lémery avait eu un pressentiment de la réalité. Tout en attribuant la formation des monstres doubles à la soudure d'embryons développés dans des œufs différents, il émit un jour cette idée que ces embryons auraient bien pu se développer dans

un même œuf[1]. Mais il n'alla pas plus loin, et, dans le cours de la discussion, il parla toujours de deux œufs distincts.

Dans la théorie de la dualité primitive, la production des monstres doubles se lie nécessairement au fait de la gémellité, dont elle est un cas particulier. La gémellité a été pendant longtemps considérée comme résultant de l'existence d'embryons développés dans des œufs distincts. Mais les progrès de l'obstétrique ont montré que la gémellité peut se produire dans des conditions très différentes. L'étude des enveloppes du fœtus, dans les grossesses gémellaires, a appris que tantôt chaque jumeau a son chorion, son amnios et son placenta, et que tantôt les jumeaux ont un chorion commun et un placenta commun[2]. Dans ce dernier cas, les jumeaux peuvent avoir chacun leur amnios, ou bien n'avoir qu'un amnios commun. L'existence de deux chorions indique l'existence de deux œufs; celle d'un chorion l'existence d'un seul œuf possédant deux germes embryonnaires.

Is. Geoffroy Saint-Hilaire est, à ma connaissance, le premier physiologiste qui ait tenté de faire l'application de ces notions au mode de formation des monstres doubles.

Il signale d'abord un fait curieux: c'est que la monstruosité double est souvent plus fréquente chez les espèces unipares que chez les espèces multipares. « L'espèce bovine, dit-il, qui est ordinairement unipare, présente autant de monstruosités doubles que le chat et beaucoup plus que le chien[3]. » Or, il est évident que si la monstruosité double provenait de la soudure d'embryons développés dans des œufs différents, elle serait bien plus fréquente chez les espèces multipares que chez les espèces unipares.

Dans un autre passage de son livre, Is. Geoffroy Saint-Hilaire va beaucoup plus loin. Après avoir combattu, comme Winslow l'avait fait au siècle dernier, et avec les mêmes arguments, la théorie de

[1] Lémery. *Observations sur les monstres, premier mémoire dans lequel on examine quelle est la cause immédiate des monstres*, dans les *Mém. de l'Ac. des Sc.*, 1724, p. 44. « Dans les enfants qui viennent au monde avec un plus grand nombre de parties organiques qu'ils n'en doivent avoir, l'excédent de ces parties a été emprunté d'un autre germe, *soit que dans la première conformation un même œuf eût contenu deux germes qui par leur pression se sont unis en tout ou par quelques-unes de leurs parties*, soit que chaque germe des deux œufs se fût approché immédiatement par la rupture des membranes qui les enveloppaient. »

[2] L'unité du chorion dans certains cas de gémellité a été indiquée pour la première fois par Levret, *Art des accouchements*, p. 68, 1761. Celle du placenta était déjà connue dans l'antiquité.

[3] Is. Geoffroy Saint-Hilaire. *Traité de Tératologie*, t. III, p. 353.



Lémery sur la soudure, par l'action d'une pression extérieure, de deux œufs primitivement séparés, il se pose cette question : « Par quelles considérations peut-on se rendre compte de ce fait si remarquable que deux ou trois embryons contenus dans les même enveloppes, tantôt restent séparés jusqu'à la naissance et deviennent des jumeaux normaux, tantôt se conjoignent ou même se confondent profondément et deviennent un seul être composé et monstrueux? » Et pour qu'on ne se méprenne pas sur sa pensée, il ajoute en note : « Je laisse ici de côté les cas où chaque embryon a, soit des enveloppes complètement distinctes, soit un amnios distinct avec un chorion commun, et où, par conséquent, la réunion des deux embryons est empêchée par la présence d'un diaphragme membraneux interposé entre eux. » Il répond à cette question en montrant qu'il faut alors faire intervenir la position respective des deux embryons, et il ajoute : « Il est permis d'affirmer avec toute certitude qu'aux différences de situation relative que peuvent présenter des embryons existant au sein d'un œuf commun correspondent tantôt l'impossibilité et tantôt la possibilité soit d'une jonction superficielle, soit d'une fusion[1]. » Quant à l'union superficielle ou profonde des deux embryons, Is. Geoffroy Saint-Hilaire l'expliquait par la mise en jeu de la tendance à l'union des parties similaires. Seulement il n'avait pas vu, comme d'ailleurs son père, que cette union des parties similaires ne peut entrer en jeu que pendant la première période de la vie embryonnaire, lorsque l'organisme n'est encore constitué que par des cellules homogènes.

Is. Geoffroy Saint-Hilaire avait donc nettement compris la condition fondamentale de la production d'un monstre double chez les mammifères. Il est curieux de voir qu'il n'ait pas reconnu que cette notion était complètement nouvelle, et que personne ne l'avait conçue avant lui. Mais il ne s'appuyait que sur des considérations théoriques. Les observations faites sur les oiseaux et sur les poissons ont pleinement confirmé la justesse de ses prévisions.

§ 3.

Comme je l'ai dit précédemment, c'est dans la classe des Poissons que l'on a, tout d'abord, observé la formation des diplogenèses dans les œufs artificiellement fécondés. Si j'écrivais un traité complet de *Tératogénie expérimentale*, je devrais donc exposer tout d'abord les

[1] Is. Geoffroy Saint-Hilaire. *Traité de Tératologie*, t. III, p. 529.

éléments que cette classe nous fournit pour discuter les théories relatives à l'origine des diplogenèses. Mais je dois me borner, dans ce livre, à exposer les faits que j'ai observés moi-même, et les conséquences qui me paraissent en découler nécessairement. Je me bornerai donc à la classe des oiseaux, la seule qui ait servi à mes recherches d'embryogénie normale et tératologique. Quant aux Poissons, je me contenterai de montrer que les notions qu'ils fournissent concordent parfaitement avec celles que j'ai recueillies dans une autre voie.

On rencontre des œufs d'oiseaux qui contiennent deux jaunes et même, mais très exceptionnellement, trois dans une même coquille. Ces œufs sont, pour ce motif, généralement beaucoup plus gros que les autres. Les deux jaunes sont tantôt séparés par une couche d'albumine, et tantôt fortement adhérents l'un à l'autre de telle sorte qu'on ne peut les séparer sans les déchirer. Un fait curieux de l'histoire de ces œufs à deux jaunes, c'est qu'ils sont fréquemment pondus par la même poule. C'est un remarquable exemple du rôle physiologique de l'individualité que je signalais au début de cet ouvrage [1].

On a depuis longtemps cherché à expliquer la formation des monstres doubles par la soudure de deux embryons produits dans ces œufs. Cette explication de la monstruosité double chez les oiseaux se trouve déjà dans Aristote, qui a donné des notions très exactes sur l'histoire des œufs à deux jaunes [2].

Elle a été souvent reproduite. On la retrouve, mais sans aucun fait à l'appui, dans les écrits du premier physiologiste qui, à l'époque de la Renaissance, s'occupa d'embryogénie, Fabrice d'Aquapendente [3]. Ét. et Is. Geoffroy Saint-Hilaire l'acceptèrent. On lit dans le *Traité de Tératologie* la phrase suivante : « L'existence des doubles œufs, plus com-

[1] Voir le chap. 2 de la première partie.

[2] ARISTOTE (περὶ τὰ ζῶα ἱστορίων lib. VI, cap. III). Il distingue très bien les deux cas (jaunes séparés et jaunes adhérents). Il parle d'une poule qui pondit dix-huit œufs à deux jaunes. Ces œufs étaient les uns clairs, les autres féconds. Les œufs féconds donnèrent des jumeaux de taille inégale. Le dernier donna un monstre (τερατῶδες). Mais Aristote ne dit pas si ce monstre était double ou simple. Dans son livre sur la génération des animaux (περὶ ζώων γενεσέως, lib. IV, cap. IV), il revient sur l'histoire des œufs à deux jaunes, et il dit, mais sans citer d'exemple particulier, que les œufs à deux jaunes adhérents produisent des monstres doubles n'ayant qu'une seule tête et un seul corps, mais quatre ailes et quatre pattes. On peut donc penser qu'Aristote ne faisait, dans ce cas, qu'exprimer une opinion générale, et qu'il n'avait pas observé lui-même de faits de cette nature.

[3] FABRICE D'AQUAPENDENTE. *De formatione ovi et pulli*, cap. I et II. — Il ne cite aucun fait à l'appui de son opinion.

mune qu'on ne le croit généralement, *explique seule* les monstres doubles chez les oiseaux[1]. »

Cette théorie de la formation des monstres doubles n'est pas en rapport avec les faits. On a souvent mis en incubation des œufs à deux jaunes sans obtenir de monstre double. Harvey, qui rapporte les opinions d'Aristote et de Fabrice d'Aquapendente son maître, ajoute que, dans ses observations, il a toujours vu les embryons séparés, mais qu'un embryon périssait toujours avant ou pendant l'éclosion[2]. Tels sont également les résutats obtenus par Allen Thomson, Valenciennes, Panum, Broca et par moi-même[3].

Les seuls faits que l'on puisse invoquer en faveur de l'opinion qui attribue l'origine des monstres doubles à l'union de deux embryons

[1] Is. Geoffroy Saint-Hilaire. *Traité de Tératologie*, t. III, p. 502.

[2] Harvey. *Exercitationes de generatione animalium*, ex. 23, *De ovis gemellificis*.

[3] Allen Thomson. *Remarks on the early Condition and probable Origin of double Monsters*, dans *the London and Edinburg monthly Journal of Medical Science*. 1844, p. 587. — Valenciennes. *Note sur des œufs à plusieurs jaunes contenus dans la même coque*, dans les *Comptes rendus*, t. XLII, p. 3, 1856. — Panum. *Untersuchungen*, etc., p. 215. — Broca. *Expériences sur les œufs à deux jaunes*, dans les *Ann. des Sc. nat.*, *Zool.*, 4e série, t. XVII, p. 78.

J'ai eu à diverses reprises occasion de faire couver des œufs à deux jaunes. Sauf quelques indications données dans mon *Mémoire sur l'hist. physiol. des œufs à double germe*, je n'ai pas publié le récit de ces expériences qui ne m'ont appris aucun fait nouveau.

Le physiologiste qui a fait le plus grand nombre d'expériences sur les œufs à deux jaunes est Panum. Il a eu à sa disposition 77 œufs de poule et 3 œufs d'oie, qui tous contenaient deux jaunes. Tous ces œufs, à l'exception de 10 œufs de poule, furent soumis à l'incubation artificielle et ouverts du sixième au neuvième jour. Voici les résultats de ces expériences :

1° 21 œufs de poule et 2 œufs d'oie. Aucune trace de développement sur l'un ou l'autre des jaunes ;

2° 15 œufs de poule, 1 œuf d'oie. Développement d'un embryon normal sur l'un des jaunes; aucune trace de développement sur l'autre;

3° 10 œufs de poule. Développement d'un embryon normal sur chacun des deux jaunes. Ces deux embryons ne présentaient aucune trace d'union;

4° 9 œufs de poule. Embryon malade ou mort sur l'un des jaunes; aucune trace d'embryon sur l'autre;

5° 7 œufs de poule. Un embryon monstrueux ou du moins arrêté dans son développement sur chacun des jaunes;

6° 6 œufs de poule. Embryon normal sur l'un des jaunes ; embryon monstrueux ou arrêté dans son développement sur l'autre.

Lorsque deux embryons normaux se produisent ainsi sur deux jaunes enfermés dans la même coquille, leur développement peut se continuer et atteindre l'époque de l'éclosion. L'éclosion est très rare, mais elle n'est pas impossible. Cl. Bernard a signalé le fait suivant : sur dix œufs à deux jaunes pondus et couvés par la même poule, neuf donnèrent chacun deux poulets vivants (*Comptes rendus de la Soc. de Biologie*. 1re série, t. I, p. 9, 1849).

développés dans une même coquille sont très peu nombreux et ne sont même pas scientifiquement établis.

Bonnet, parlant des œufs à double jaune et des monstres doubles auxquels ils doivent donner naissance, dit qu'un Hollandais nommé Van Swinden, qui avait traduit son livre de la *Contemplation de la nature,* avait ajouté en note la phrase suivante[1] : « Cette demande de l'auteur est exactement confirmée par une observation qu'on trouve dans le *Magasin de Hambourg*, t. II, p. 619. Quelqu'un qui examinait des œufs en les regardant au soleil en trouva un à deux jaunes; il le fit couver et acquit un monstre composé de deux poulets réunis ensemble, à deux têtes, et dans lequel quelques parties paraissaient manquer, et d'autres étaient mêlées de façon à n'en faire qu'une seule. » Assurément cette observation est très explicite ; mais elle est anonyme et ne présente par conséquent aucune garantie d'authenticité.

Schultze a soutenu la même opinion qu'il fonde sur le fait suivant. Une poule, pendant trois années consécutives, pondit des œufs qui, au commencement de chaque ponte, contenaient toujours deux jaunes, tandis que plus tard ce fait ne se produisait plus qu'exceptionnellement. La seconde année on laissa la poule couver, et l'on obtint plusieurs monstres doubles à quatre ailes et à quatre pattes, formés de deux sujets unis par le ventre. Or il y a une circonstance qui diminue considérablement l'authenticité de ces faits : c'est que Schulze ne parle point d'après ses observations personnelles, mais seulement d'après le récit du possesseur de la poule[2]. Mais quand bien même ces faits seraient exacts, la sortie d'un monstre double d'un œuf qui contenait deux jaunes ne prouverait en aucune façon que le monstre résulterait de la soudure de deux embryons développés sur chacun des jaunes, car il pourrait s'être produit sur un seul des jaunes.

Pour établir que la formation d'un monstre double proviendrait de la soudure de deux embryons développés sur deux jaunes distincts, il faudrait évidemment constater la production de cette soudure pendant l'incubation. Or théoriquement cela pourrait se faire de deux façons. Ou bien les jaunes se souderaient entre eux et leur soudure déterminerait celle des embryons. Ou bien, les embryons se souderaient tandis que les jaunes resteraient séparés. Examinons ces deux hypothèses.

[1] Bonnet. *Contemplation de la Nature*, dans les *Œuvres complètes*, t. IV, chap. xii, p. 288.

[2] Schultze. *Ueber anormale Duplicität der Achsenorgane*, dans les *Archives*, de Virchow, t. VII, 1856.



Deux jaunes primitivement séparés et contenus dans une même coquille peuvent-ils se souder l'un à l'autre et amener consécutivement la soudure de deux embryons?

Il y a dans la science une observation dans laquelle on aurait constaté un fait de ce genre. C'est d'ailleurs la seule que je connaisse. Elle appartient à Ét. Geoffroy Saint-Hilaire, et elle a été mentionnée deux fois par son fils. Or, malgré l'autorité des deux fondateurs de la tératologie, je crois devoir la révoquer en doute. Voici les motifs qui me conduisent à penser ainsi.

La première indication de ce fait, indication d'ailleurs fort vague, se trouve dans la phrase suivante d'Ét. Geoffroy Saint-Hilaire : « Il est des œufs mal conformés et qui alors contiennent nécessairement en eux-mêmes la raison de leur ultérieur et vicieux développement. Ainsi deux œufs contenus dans une même coquille, malgré l'exiguïté de leur cellule, donneront deux oiseaux, ou, à cause même de cette exiguïté, une monstruosité par excès. Cette conclusion est juste, et nous avons nous-même un travail prêt, une planche toute gravée, où nous rendons compte de ces faits avec des circonstances nouvelles et très curieuses[1]. »

Ce travail d'Ét. Geoffroy Saint-Hilaire n'a pas été publié[2]; mais le fait qu'il mentionne a été signalé deux fois par Is. Geoffroy Saint-Hilaire, d'abord dans une note du *Traité de Tératologie* et, dix-huit ans plus tard, dans une communication faite à l'Académie des Sciences[3].

Voici la première note :

« J'ai sous les yeux le double corps empaillé et de très bons dessins d'un Poulet monomphalien, chez lequel l'union ne se faisait que très superficiellement par la région ombilicale, plus specialement par la région antérieure des vitellus. J'eusse considéré, dès à présent, ce double Poulet comme le type d'un nouveau genre qui eût dû être nommé *Omphalopage s'il m'avait été possible, ou de disséquer moi-*

[1] Geoffroy Saint-Hilaire, article Monstre, dans le *Dict. class. d'Hist. nat.*, t. XI, p. 149, 1825.

[2] Toutefois, Geoffroy Saint-Hilaire a donné quelques indications sur ce fait dans un mémoire publié en 1827 dans les *Archives générales de Médecine*, t. XIII, p. 392, sous ce titre : *Des adhérences de l'extérieur du fœtus considérées comme le principal fait occasionnel de la monstruosité.*

[3] Is. Geoffroy Saint-Hilaire. *Traité de Tératologie*, t. III, p. 107.— *Observations relatives aux vues de M. Coste sur la formation des monstres doubles*, dans les *Comptes rendus*, t. XL, p. 873, 1858.

même ce monstre, ou de suppléer aux lacunes de l'observation par le rapprochement de cas analogues ou authentiques. »

La seconde communication d'Is. Geoffroy-Saint-Hilaire sur le même fait est beaucoup plus détaillée :

« Le sujet de cette observation, à laquelle il est bon de rendre sa place et sa date dans la science, est un Poulet double présentant les caractères de l'*Omphalopagie*. Dans ce monstre complètement double, les deux sujets, d'ailleurs bien conformés, étaient réunis ventre à ventre par une portion commune allant d'un vitellus à l'autre : exemple, par conséquent, d'une union aussi superficielle et aussi restreinte que possible d'une union qu'on est dès lors conduit à considérer comme devant être non très précoce et presque primordiale, mais d'une date comparativement récente. »

« Or, c'est ce qui a lieu en effet : l'induction théorique est ici justifiée par l'observation. Le double Poulet n'a pas été, comme tant d'autres, trouvé par hasard dans un œuf sans aucune étude possible des circonstances antérieures : il venait d'un œuf non encore couvé, très remarquable par son volume, et que, par cette raison, on avait apporté à mon père pour la collection du Muséum. Les gros œufs que pondent parfois les Oiseaux domestiques ne sont le plus souvent que des œufs ordinaires où le jaune est entouré d'une plus grande quantité de blanc : celui-ci, au contraire, contenait deux jaunes, comme on le constata aussitôt au moyen du mirage, et ces deux jaunes étaient non seulement distincts, mais placés à distance l'un de l'autre. Les contenants étant séparés, les contenus l'étaient aussi et à plus forte raison. Les deux Poulets ont donc été d'abord des jumeaux normaux; chacun s'est développé à part vers l'un des pôles de l'œuf, jusqu'à ce qu'ayant pris un accroissement considérable il se trouva par là même porté vers le centre à la rencontre de son frère. C'est alors qu'il s'est uni avec lui par un point de la région ventrale. »

« Ce monstre double, peu remarquable par les faits tératologiques qu'il présentait à l'observation, mais très digne d'intérêt par les circonstances où ils ont été observés, appartient à un des types chez lesquels la prolongation de la vie est possible. Il eût été d'un grand intérêt de suivre hors de l'œuf les phénomènes dont la région d'union eût été le théâtre. Malheureusement, au terme normal de l'incubation, au vingt et unième jour, l'un des individus composants a seul bêché son œuf; l'autre était mort. »

Ainsi, d'après les paroles mêmes d'Is. Geoffroy Saint-Hilaire, la



séparation primitive des jaunes, puis leur soudure auraient été constatées par le mirage.

Mais, avant de discuter le fait, je ferai remarquer tout d'abord qu'Is. Geoffroy Saint-Hilaire ne dit pas qu'il ait pratiqué lui-même l'opération du mirage, et qu'il semble même résulter de ses paroles que cette opération avait été faite par un autre.

Dans un travail publié en 1862, j'avais émis des doutes sur la réalité du fait de la soudure tardive des jaunes dans cette observation, soudure qui aurait été constatée par le mirage[1]. J'ai bien souvent soumis des œufs au mirage, et bien que cette pratique permette de reconnaître certains faits[2], bien qu'elle puisse par conséquent rendre des services aux personnes qui s'occupent de tératogénie expérimentale, je ne crois pas qu'on puisse accorder une confiance absolue à tous les résultats qu'elle donne.

Ce qui n'était alors pour moi qu'un doute devint, l'année suivante, une certitude. Je fus alors assez heureux pour retrouver les planches gravées, mais inédites, qui contiennent les dessins des faits observés par Et. Geoffroy Saint-Hilaire dans ses études de tératogénie[3]. Or, dans une de ces planches, j'ai vu quatre dessins qui représentent le fait auquel Is. Geoffroy Saint-Hilaire faisait allusion. Les trois premiers représentent l'intérieur de l'œuf vu par le mirage à trois époques de l'incubation. Dans le premier, les deux jaunes apparaissent complètement séparés. Dans le second, les deux jaunes apparaissent réunis par un pédicule. Dans le troisième, les deux jaunes apparaissent de nouveau séparés. Enfin, dans le quatrième, on voit deux Poulets sortis de l'œuf et attachés à deux jaunes unis par un pédicule médian. Il est évident que la bande d'union existait dans le troisième état, mais qu'elle n'y a pas été vue, puisqu'elle existait déjà dans le second. Ne doit-on pas en conclure naturellement qu'elle existait également dans le premier état, mais qu'elle n'y a pas été vue ?

Ainsi donc l'observation que je viens de discuter ne prouve en aucune façon le fait de la soudure, pendant l'incubation, de deux jaunes primitivement séparés. Malgré tout mon respect pour la mémoire des fondateurs de la tératologie, je ne puis voir, dans le fait en question, que l'existence de deux embryons sur un jaune unique présentant un

[1] Dareste. *Mémoire sur l'histoire physiologique des œufs à double germe*, p. 41.
[2] Voir page 179.
[3] Voir page 37.

étranglement médian et non la soudure tardive de deux jaunes primitivement distincts.

Je ferai d'ailleurs remarquer que la soudure de deux jaunes dans une même coquille, pendant les premiers temps de l'incubation, et lorsqu'ils sont encore recouverts par la membrane vitelline, membrane anhiste et complètement dépourvue de vitalité, est absolument inadmissible. Un pareil événement ne pourrait se comprendre qu'à une époque plus tardive, après le détachement de la membrane vitelline, et lorsque le blastoderme a revêtu presque entièrement le jaune.

A défaut de la soudure primitive des jaunes, on a cru pouvoir admettre dans certains cas de monstruosités doubles la soudure des embryons, tandis que les jaunes resteraient séparés[1].

Il y a en effet des monstres doubles à deux ombilics, et qui, par conséquent, paraissent avoir été en rapport avec deux vésicules ombilicales. Telle est la famille des monstres dits *Eusomphaliens* formée par les genres Pygopage, Métopage et Céphalopage. Tel est encore le genre Synadelphe.

La formation de ces monstres, lorsqu'ils se produisent chez les oiseaux, résulte-t-elle de la soudure de deux embryons produits sur deux jaunes distincts, bien qu'enfermés dans une même coquille?

On l'a cru. Je l'ai cru moi-même à une certaine époque.

Mais j'ai observé chez les oiseaux des faits qui prouvent le contraire, et qui montrent que, dans les œufs à deux jaunes, la soudure ne commence pas plus par les embryons que par les jaunes.

J'ai observé un Céphalopage en voie de formation. Les deux embryons composants juxtaposés, mais encore séparés, s'étaient produits sur un jaune unique. Dans un autre cas, les deux embryons avaient les têtes soudées et par conséquent la Céphalopagie était complète[2].

Un cas fort remarquable de Métopagie chez le canard m'a été donné

[1] Cette soudure de deux embryons développés sur des jaunes distincts a été longtemps admise. Dans une discussion qui s'est élevée en 1873 devant la Société d'anthropologie, à propos du monstre double Millie Christine, Paul Bert s'exprimait ainsi : « Je considère cette monstruosité double comme produite par la soudure de deux embryons développés sur deux vitellus différents, mais enveloppés dans le même chorion ». *Bulletin de la Soc. d'Anthropol.*, 1873, p. 880. Lorsque j'eus exposé les faits que je mentionne dans ce chapitre, Paul Bert reconnut loyalement qu'il s'était trompé. Voici ses paroles : « Nous sommes ici une assemblée scientifique et nous discutons, non pour nous corroborer dans nos opinions antérieures, mais pour nous éclairer. Il est donc de notre devoir de reconnaître hautement que nous nous sommes trompés lorsque notre conviction est faite. Et c'est ce qui m'arrive en ce moment. » *Ibid.*, p. 897.

[2] Voir l'Atlas, pl. XV, fig. 1.



par M. Lavocat, directeur de l'École vétérinaire de Toulouse. Il est conservé au Musée de Lille. Les deux embryons, soudés entre eux dans la région frontale, sont unis par une bandelette, reste d'un vitellus unique[1].

Je n'ai point observé de Pygopage ni de Synadelphe en voie de formation, mais je ne puis comprendre comment ces monstres échapperaient à la règle générale. L'union, chez les Céphalopages et les Métopages, est peu profonde; elle n'intéresse que les téguments de la tête et le crâne, et cependant elle ne se produit que lorsque les embryons se sont développés sur un jaune unique. Comment en serait-il autrement lorsque l'union est beaucoup plus profonde : pour les Pygopages, par exemple, où la colonne vertébrale est unique dans la région sacrée; pour les Synadelphes où la fusion des deux corps embryonnaires a pour siège la région tout entière du tronc au-dessus et au-dessous des ombilics?

Ce qui a pu faire illusion pour ces monstres à double ombilic, c'est que, lorsqu'ils se produisent chez l'homme et chez les mammifères, chaque embryon possède isolément son cordon ombilical. Mais cela n'est pas en contradiction avec l'existence d'un jaune unique et, par conséquent, d'une vésicule ombilicale unique. Comme les mammifères placentaires se séparent de leur vésicule ombilicale, les monstres ainsi produits ont nécessairement deux ombilics. Chez les oiseaux rien de pareil ne peut avoir lieu.

La monstruosité double ne peut donc pas résulter de la fusion de deux embryons, produits sur deux jaunes distincts, mais enfermés dans un même œuf, soit que cette fusion fût primitive, soit qu'elle fût consécutive à la soudure des jaunes. Il faut donc nécessairement admettre que les monstres doubles se produisent sur un jaune unique comme les embryons simples[2].

[1] Voir l'Atlas, pl. XVI, fig. 10.

[2] En m'exprimant ainsi, je ne parle que des cas de diplogenèse appartenant à l'embranchement des animaux vertébrés. Nos connaissances actuelles sur les invertébrés sont beaucoup trop peu nombreuses pour nous permettre actuellement d'indiquer quelque loi générale à leur égard.

Je me contenterai seulement de mentionner des faits très curieux observés, il y a plus de trente ans, par M. de Lacaze-Duthiers, et qui montrent, de la manière la plus nette, la formation de diplogenèses par la soudure de deux vitellus distincts dans un mollusque Gastéropode, la *Bullaea aperta*. Ce fait est d'autant plus intéressant que le savant naturaliste a pu produire artificiellement cette soudure en contraignant l'animal à hâter le travail de la ponte. Mais il faut remarquer que, dans tous les cas ainsi obtenus, la soudure des deux embryons

Mais il y a plusieurs manières de concevoir leur genèse. On peut croire que deux embryons développés simultanément sur un même jaune s'unissent à un certain moment pour former un être unique. On peut croire qu'un embryon primitivement unique se dédouble partiellement, à un certain moment, pour former un être double. Ce sont les deux théories de la dualité et de l'unité primitives. On peut croire enfin que chacune de ces deux théories peut expliquer la genèse de certains types de la monstruosité double. Pour juger cette question, il faut en appeler aux faits.

Wolff a décrit et figuré, en 1769, deux embryons de Poule développés sur un jaune unique. Dans son mémoire, il fait également mention d'un monstre double observé par lui sur un jaune. Mais ce travail[1] est resté complètement ignoré pendant longtemps.

Ce fut seulement en 1827 que Baer observa un fait analogue : un monstre double existant sur un jaune unique[2]. Depuis cette époque, Reichert, Allen Thomson, Lebert, Panum et Faivre rencontrèrent de semblables faits de monstres doubles sur un seul jaune[3]. D'autre part, Flourens, Allen Thomson et Panum mentionnèrent l'existence de deux embryons sur un jaune unique[4]. Ces faits, très peu nombreux, et parfois même décrits d'une manière insuffisante, ne pouvaient donner que des notions très incomplètes sur la formation des monstres doubles.

Wolff, qui pensait que la monstruosité existe virtuellement dans l'embryon dès l'époque de son apparition, était conduit, par cette idée même, à considérer la gémellité et la monstruosité double comme deux faits entièrement différents. Baer et Reichert, qui ne

n'était que superficielle et ne produisait, par conséquent, rien de comparable à l'organisation des monstres doubles observés chez les poissons et chez les oiseaux. Il y a là évidemment deux ordres de faits complètement distincts. Lacaze-Duthiers, *Sur la formation des monstres doubles chez les Gastéropodes*; dans les *Archives de Zool. expérimentale*, t. IV, p. 483, 1876.

[1] Wolff. *Ovum simplex gemelliferum;* dans les *Novi commentarii Petropolitani*, t. XIV, p. 259, 1769.

[2] Baer, *loc. cit.*

[3] Reichert. *Ueber die Sitzung der Gesellschaft naturforschender Freunde in Berlin;* Vossische Zeitung, 1842.

Allen Thomson, *loc. cit.*

Lebert. *Comptes rendus de la Soc. de Biologie*, t. I, p. 10, 1849.

Panum, *loc. cit.*, p. 237, pl. XI, fig. 5 et 6. De l'aveu même de l'auteur, le fait de la monstruosité double dans ce cas est très douteux.

Faivre. *Communication verbale.*

[4] Flourens. *Comptes rendus*, etc., t. I. p. 182, 1835.

Allen Thomson, *loc. cit.*

Panum, *loc. cit.*, p. 438. Pl. XII, fig. 1, 2, 3, p. 440. Pl. XII, fig. 4.

connaissaient pas les faits de gémellité, crurent voir, dans les faits de duplicité monstrueuse qu'ils observèrent, la réalisation des idées de Meckel sur la fissiparité. Au contraire, Allen Thomson, dans son remarquable travail, considéra la monstruosité double comme résultant de la fusion plus ou moins complète de deux embryons primitivement séparés. Il chercha même à expliquer le mode de formation des différents types de la monstruosité double par les rapports de position des deux bandelettes embryonnaires. Mais ces idées étaient presqu'entièrement théoriques, car elles ne reposaient que sur l'observation de deux faits, très curieux d'ailleurs, sur lesquels je dois revenir.

Tel était l'état de la science lorsque j'eus l'occasion de rencontrer un certain nombre de ces faits dans mes recherches tératogéniques. J'en ai mentionné plusieurs dès 1861[1], puis dans un certain nombre de notes et de mémoires qui ont précédé la publication de la première édition de ce livre. A cette époque, j'avais rencontré une dizaine de cas de gémellité et une quarantaine de cas des monstres doubles en voie de formation. Plusieurs de ces faits sont figurés dans l'atlas qui fait suite à mon livre. Depuis 1877, époque de cette publication, j'ai encore rencontré un certain nombre de cas analogues[2].

J'ai donc pu observer un nombre relativement considérable, beaucoup plus considérable, en tout cas, que mes prédécesseurs ne l'avaient fait, de faits de gémellité et de monstruosité double chez les oiseaux, et corroborer, par leurs études, la théorie de la monstruosité double que j'avais donnée dès 1865[3]. Tous les faits que j'ai recueillis depuis cette époque déjà ancienne, tous ceux qui ont été décrits et figurés par d'autres physiologistes[4] ont confirmé les idées que je soutenais

[1] DARESTE. *Mémoire sur les œufs à double germe et sur les origines de la duplicité monstrueuse*, dans les *Ann. des Sc. nat.*, 4e série, t. XVII, 1861.

[2] Ces derniers cas de monstruosité double et de gémellité n'ont pas été dessinés; mais je les conserve dans ma collection.

[3] DARESTE. *Recherches sur les œufs à double germe et sur les origines de la duplicité monstrueuse chez les oiseaux;* dans les *Comptes rendus*, t. LX, p. 562, 1865.

Depuis cette époque les faits de gémellité et de monstruosité double chez les oiseaux se sont multipliés, par suite évidemment du progrès des études embryogéniques.

[4] Voici l'indication des mémoires dans lesquels ces faits sont décrits et figurés :

DONITZ. *Beschreibung und Erläuterung von Doppelmissgeburten.* Archiv. für Anatomie und Physiology, 1866, p. 518.

AHLFELD. *Beiträge zur Lehre von den Zwillingen.* Archiv. für Gynækologie, t. IX, p. 196.

RAUBER. *Morphologisches Jahrbuch*, t. VI, p. 880.

GERLACH. *Die Entstehungsweise der Doppelmissgeburten bei den höheren Wir-*

alors. Je puis donc considérer la théorie de la formation des monstres doubles chez les oiseaux, telle que je l'ai exposée en 1865, comme scientifiquement établie. Rauber seulement l'a complétée par une addition importante, comme je le montrerai bientôt.

J'ai constaté également un fait remarquable et qui n'avait pas été vu avant moi : la présence de trois embryons jumeaux sur un même jaune. J'avais déjà vu un cas de ce genre, que j'ai mentionné dans ma note de 1865. J'en ai figuré deux dans mon atlas[1]. Depuis cette époque j'en ai encore rencontré deux autres[2]. Trois autres ont été décrits et figurés, dans ces dernières années, par Rauber, Moriggia et Koch[3].

J'ai été conduit par toutes ces études à reconnaître l'exactitude des vues d'Allen Thomson sur l'origine dualistique de la monstruosité double, mais en les expliquant et les complétant à l'aide du grand nombre de faits qui ont été recueillis, dans ces derniers temps, par moi-même et par d'autres. La production de la monstruosité double n'est en réalité qu'une conséquence particulière de la gémellité univitelline. Il importe donc d'étudier tout d'abord ce fait physiologique.

La gémellité univitelline se produit par deux procédés différents. Tantôt elle consiste dans l'existence de deux embryons produits dans deux blastodermes distincts, au moins au début; tantôt elle consiste dans l'existence de deux embryons produits dans un blastoderme unique. Dans le premier cas, le jaune possédait, avant la fécondation, deux cicatricules; dans le second, il n'en possédait qu'une seule.

L'existence de deux cicatricules distinctes sur un seul jaune a été signalée, depuis longtemps, par Fabrice d'Aquapendente[4]. Elle a été souvent

belthieren, 1882. Cet ouvrage, que l'auteur m'a fait l'honneur de me dédier, présente une exposition complète de tous les faits qui se rattachent à l'origine de la monstruosité double chez les vertébrés et particulièrement chez les vertébrés supérieurs.

KLAUSSNER. *Mehrfachbildungen bei den höheren Wirbelthieren*, 1890.

[1] Voir l'Atlas, pl. XIV fig. 4 et 5.

[2] Ces deux cas sont encore inédits; je les conserve dans ma collection. L'un présentait trois corps embryonnaires réunis par les têtes sur une même aire transparente. L'autre présentait deux blastodermes unis ensemble. Sur l'un de ces blastodermes était un monstre double à deux têtes.

[3] RAUBER. *Morphologisches Jahrbuch*, Bd V, 1879, t. XII, fig. 1, 2 et 3.

MORIGGIA. *Tre embryone di Gallina;* dans les *Atti della R. Accad. dei Lincei*, transunti III, 1879.

KOCH. *Eine frühzeitige embryonale Drillingsmissbildung vom Hühnchen*, dans les *Beiträge zur Morphologie* de Gerlach, I, 1883.

[4] FABRICE D'AQUAPENDENTE. *De formatione pulli*, p. 13.

révoquée en doute. On a dit que des épaississements locaux de la membrane vitelline pouvaient simuler une seconde cicatricule. Mais la coexistence de deux cicatricules dans un seul jaune est bien évidente lorsque les blastodermes, auxquels elles donnent naissance, produisent des embryons. Tel est un cas décrit et figuré par Panum[1]. Tels sont également trois cas que j'ai figurés[2].

Comment comprendre l'existence de deux cicatricules dans un seul jaune? Nous n'avons pas actuellement d'observations directes qui puissent nous donner la réponse à cette question; mais nous pouvons, dans une certaine mesure, nous en faire une idée à l'aide de nos connaissances sur l'ovologie. La cicatricule, avant la segmentation, consiste en une petite masse sarcodique ou protoplasmique qui enveloppe la vésicule germinative. Or, cette petite masse n'est autre chose que l'ovule à son début, avant qu'il se soit complété par la formation des éléments nutritifs que l'on désigne sous les noms de *vitellus blanc* et de *vitellus jaune*, et qui doivent servir à l'alimentation de l'embryon jusqu'à l'époque de l'éclosion. L'ovule ainsi constitué se revêt, à un certain moment, d'une enveloppe propre, la *membrane vitelline*. Supposons que deux ovules s'enferment dans une membrane vitelline unique, et nous aurons un jaune contenant deux cicatricules[3]. L'étude

[1] PANUM, *loc. cit.*, p. 240, pl. XII, fig. 4.

[2] Voir l'Atlas, pl. I, fig. 4 et 5, pl. XIV, fig. 5. Cette dernière figure est remarquable par la présence de deux embryons sur l'un des blastodermes, tandis que l'autre n'en contient qu'un. C'est un des cas de tri-gémellité dont j'ai déjà parlé.

[3] Ce sont très vraisemblablement des cas de ce genre qui m'ont fait croire, à une certaine époque, à l'existence de jaunes soudés de très bonne heure, et présentant une communication. Deux œufs qui possédaient cette particularité m'avaient été remis en 1860 par le Dr Morpain. Le jaune unique avait un étranglement médian qui lui donnait l'aspect de deux jaunes unis entre eux et contenant chacun une cicatricule. Ces œufs mis en incubation me donnèrent deux embryons jumeaux.

Que faut-il en effet pour qu'il en soit ainsi? Les éléments nutritifs qui constituent le vitellus blanc et le vitellus jaune sont certainement produits par le vitellus formateur ou l'ovule. On conçoit que lorsque deux ovules sont enveloppés par une seule membrane vitelline, la quantité de matière nutritive qu'ils produisent soit généralement moins considérable que s'ils étaient restés séparés. Alors le jaune, bien que contenant deux cicatricules, ne différera pas beaucoup, par son volume, du jaune de l'œuf normal. Mais s'il arrive que chaque ovule produise une quantité de matière alimentaire égale à celle qu'il aurait produite s'il était resté isolé, on aura des faits analogues à ceux que je viens de décrire et qui proviennent des œufs qui m'avaient été remis par le Dr Morpain.

Ces jaunes ne doivent pas être confondus avec les jaunes *étranglés* (*eingeschnürte Dotter*), qui ont été décrits et figurés par Panum (*loc. cit.*, p. 228, pl. XI,

d'un très grand nombre d'œufs ovariques pourra certainement, quelque jour, nous renseigner sur la valeur de cette hypothèse, en nous mettant en présence des faits[1].

Tout récemment, Ahlfeld a cherché à expliquer l'existence des deux cicatricules par la division d'une cicatricule primitivement unique[2]. Cette extension de la doctrine de la fissiparité ne repose sur aucun fait d'observation; elle ne me paraît pas plus acceptable que la doctrine elle-même.

Dans ces cas de doubles cicatricules sur un jaune unique, chaque embryon se produit dans un blastoderme particulier, de la même façon que l'embryon se produit dans l'œuf normal qui ne contient qu'une cicatricule. Chaque embryon a donc au début son blastoderme, son aire transparente, son amnios, son aire vasculaire. Plus tard, les blastodermes, en s'étendant sur le jaune, viennent au contact et s'unissent l'un à l'autre. Plus tard encore, les parties extra embryonnaires du feuillet mésodermique inférieur, ou de la splanchnopleure, se rencontrent, et les appareils vasculaires qu'elles contiennent s'anastomosent, de telle sorte que les deux circulations, devenues solidaires, doivent se coordonner l'une avec l'autre. Toutefois, chaque embryon s'enferme dans un amnios qui lui est propre et qui l'isole de son frère jumeau.

fig. 1 et 4), jaunes dans lesquels l'embryon se produirait au-dessous de l'étranglement lui-même. J'ai très souvent observé, dans mes expériences, des œufs qui présentaient cet aspect, et j'ai reconnu que leur forme anormale résultait uniquement de ce que le jaune, déjà revêtu du blastoderme, avait commencé à sortir de la membrane vitelline. L'étranglement est produit par le bord antérieur déchiré de cette membrane.

[1] Je pense que c'est par des considérations du même genre que l'on doit expliquer certaines formes de la gémellité chez les mammifères et chez l'homme lui-même.

La gémellité s'y produit dans trois conditions différentes : 1° Deux embryons ayant chacun son chorion; 2° deux embryons dans un chorion commun, mais ayant chacun son amnios; 3° deux embryons dans un chorion commun et un amnios commun. Le second cas me paraît comparable aux jumeaux ornithologiques qui se développent dans deux blastodermes distincts, mais contenus dans un seul jaune. Toutefois cette explication présente une difficulté, par suite de l'absence à peu près complète du vitellus nutritif dans les ovules des mammifères. Nous sommes donc obligés d'attendre les faits; mais nous devons espérer que les développements que prennent tous les jours les études histologiques nous feront connaître les anomalies de l'ovule comme nous connaissons aujourd'hui celles de l'embryon.

[2] Ahlfeld. *Beiträge zur Lehre von den Zwillingen.* Archiv. für Gynækologie, t. IX, 1878.

Mais ces cas de doubles cicatricules sont très rares, tellement rares qu'on en conteste encore la réalité. Dans le plus grand nombre des cas de gémellité univitelline, la cicatricule est unique et par conséquent le blastoderme est unique. Il n'y a alors qu'une aire transparente. L'aire vasculaire est unique bien que présentant une complication plus grande que dans le cas où l'embryon est unique. L'amnios également est unique. Sans doute, les plis qui précèdent les capuchons céphaliques et caudaux se constituent isolément autour de chaque embryon, en avant et en arrière des extrémités céphaliques et caudales. Mais ils ne tardent pas à se confondre latéralement et à former des capuchons communs pour les deux embryons, capuchons qui s'unissent pour former un sac amniotique unique. Je dois ajouter d'ailleurs que cet amnios commun est presque toujours frappé d'arrêt de développement, et qu'il reste largement ouvert. Est-ce la cause de la mort fréquente de ces embryons jumeaux? Ce qu'il y a de certain, c'est qu'ils atteignent très rarement l'époque de l'éclosion.

Les deux embryons jumeaux développés sur un blastoderme unique sont donc unis par des connexions encore plus intimes que les embryons qui se sont développés sur des blastodermes différents. Et cependant ils peuvent rester distincts l'un de l'autre sans constracter d'autre union que celle qui résulte de l'union de leurs annexes. Mais, dans l'un et l'autre cas, ces jumeaux se rapprochent peu à peu l'un de l'autre par la résorption du jaune commun. Il arrive donc nécessairement une époque, celle de l'éclosion, où les deux corps embryonnaires sont accolés par les ombilics et ne peuvent se séparer. Ainsi se constitue l'organisme qu'Is. Geoffroy Saint-Hilaire a décrit sous le nom d'*Omphalopage*, constitué par l'union indissoluble de deux embryons jumeaux développés sur un même jaune. Il est bien clair que l'Omphalopagie ne peut se produire chez les mammifères et chez l'homme, puisque, chez eux, l'embryon se sépare de la vésicule ombilicale qui représente le jaune. Au moment de la section du cordon, les jumeaux se séparent et peuvent alors vivre d'une vie indépendante. Ces jumeaux, ainsi produits sur une même vésicule ombilicale, présentent alors ces ressemblances si complètes qui ont, dans tous les temps, frappé l'imagination des hommes, et dont les romanciers et les dramaturges ont fait souvent le point de départ de leurs inventions.

Lorsque deux embryons se développent ainsi sur un jaune unique, ils sont tantôt égaux et tantôt inégaux. De plus, l'un d'eux peut être

atteint d'anomalie, l'autre restant normal. Parfois même les deux embryons sont simultanément affectés d'anomalies. J'ai observé plusieurs fois de semblables faits. Or, parmi ces faits, qui sont extrêmement variés, il y en a qui présentent un très grand intérêt. L'embryon mal conformé qui coexiste avec un frère jumeau est souvent un de ces monstres qui appartiennent à l'ordre des monstres omphalosites d'Is. Geoffroy Saint-Hilaire. Or, la viabilité des monstres omphalosites dépend uniquement des connexions vasculaires qui les unissent à leurs frères jumeaux. Quand ils se produisent isolément sur un jaune unique, ils périssent de très bonne heure.

La constatation de ce fait est d'autant plus intéressante qu'elle rend compte d'une particularité, depuis longtemps signalée mais encore inexpliquée, de la naissance des Omphalosites chez l'homme et chez les mammifères : c'est que ces monstres naissent toujours avec un frère jumeau bien conformé. Meckel avait indiqué cette circonstance dans un grand nombre de cas[1]. Geoffroy Saint-Hilaire la signala plus tard comme un fait nécessaire[2]. On raconte qu'ayant un jour rencontré Moreau, le célèbre professeur d'accouchements, dans le vestibule de l'Académie de médecine, celui-ci lui annonça qu'il allait présenter à cette Société un monstre acéphale. « Présenterez-vous aussi, lui dit Geoffroy Saint-Hilaire, son frère jumeau bien conformé et le placenta commun aux deux individus? — Mais vous connaissez donc l'observation ? » lui répondit Moreau. J'expliquerai plus loin cette relation qui existe entre la gémellité et la naissance des Omphalosites[3].

Si les Omphalosites n'ont été connus jusqu'à présent que chez l'homme et chez les mammifères à placenta, c'est que, dans cette classe seule, la séparation de l'embryon et de la vésicule ombilicale permet aux jumeaux de se séparer au moment de la naissance, tandis que rien de pareil n'a lieu et ne peut avoir lieu chez les oiseaux.

Dans cette classe, l'embryon ne se sépare pas du jaune qui rentre peu à peu dans la cavité abdominale, et qui s'y trouve complètement enfermé au moment de l'éclosion. Il y disparaît ensuite plus ou moins rapidement[4]. Or s'il arrive qu'un embryon omphalosite se soit déve-

[1] Meckel. *Handbuch der pathologischen Anatomie*, t. I, p. 140.

[2] Et. Geoffroy Saint-Hilaire. *Note sur quelques conditions générales de l'acéphalie complète*, dans la *Revue médicale*, t. III, p. 36, 1826.

[3] Voir le chap. VIII, § 3, de la 3e partie.

[4] Il faut indiquer ici une lacune très importante de l'embryogénie comparée. Que devient la vésicule ombilicale chez les embryons de mammifères dépourvus de placenta, les Ornithodelphes et les Didelphes? Se détache-t-elle de l'embryon

loppé sur le jaune en même temps qu'un embryon bien conformé, il sera peu à peu absorbé par ce dernier, et semblera s'unir à lui pour former une organisation comparable à celle des monstres doubles.

Déjà Wolff, à propos de l'observation de gémellité dont j'ai parlé plus haut, montrait que si, dans des cas analogues, les deux embryons étaient très inégaux dans leur développement, le frère mal développé serait absorbé en quelque sorte par son frère complètement développé. Il prévoyait ainsi le fait physiologique que l'on désigne sous le nom d'*inclusion abdominale*. « Puisque les intestins de ces deux fœtus, dit-il, s'insèrent sur un seul et même vitellus, chacun de ces fœtus s'efforcera d'attirer ce vitellus dans son abdomen. Je suis sûr que si l'un de ces fœtus eût été normal et à terme, et que l'autre eût été très petit, le premier aurait absorbé le second tout entier avec le vitellus. Lorsqu'ils sont de même taille et de même âge, cela ne pourra jamais arriver »[1].

comme chez les mammifères à placenta? Ou bien pénètre-t-elle dans la cavité abdominale, pour y être peu à peu résorbée, comme chez les oiseaux?

Il est probable que la vésicule ombilicale pénètre dans la cavité abdominale, comme c'est le fait général chez tous les vertébrés qui n'ont point de placenta. Toutefois on ne peut se prononcer, à cet égard, d'une manière absolue. Je dois, en effet, signaler un passage curieux du livre d'un ancien voyageur, passage semblant indiquer que l'embryon d'une espèce d'oiseaux, le Tavon ou Mégapode, se séparerait de la vésicule ombilicale. « Le Tavon, dit Gemelli Carreri, fait ses œufs dans des terres sablonneuses; leur grosseur est à peu près celle d'un œuf d'oie. Ce qu'il y a de surprenant, c'est qu'après que les petits sont éclos, on y trouve le jaune entier sans aucun blanc..... Les Espagnols mangent souvent dans un même plat la chair des petits et le jaune de l'œuf. » Gemelli Carreri, *Voyage autour du monde*, t. V, p. 266, 1719. Je signale ce passage à l'attention des ornithologistes.

Il paraît que, dans certains oiseaux, la vésicule ombilicale persiste pendant toute la durée de la vie. Est-ce un fait spécifique ou un fait individuel? On l'a signalé dans le Casoar de la Nouvelle-Hollande et dans l'Aptéryx. Voir Stannius, *Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbelthiere*, p. 302.

[1] Wolff, *loc. cit.*, p. 478 : « Quod si igitur utraque horum fœtuum intestina, in unum eumdemque vitellum inseruntur, uterque fœtus hunc vitellum retrahere intra abdomen suum conabitur. Non dubito, si alter horum fœtuum perfectus et maturus, alter parvulus embryo fuerit, quin ille hunc totum uno cum vitello absorberet, Quum vero magnitudine non minus quam ætate æquales sunt, hoc nunquam contingere poterit. »

Il est très probable que la formation de la monstruosité par inclusion chez l'homme dépend d'une cause analogue. Mais il y a évidemment là une autre condition que nous ne connaissons pas encore; car dans cette classe la vésicule ombilicale se détache de l'embryon au moment de la naissance. On peut présumer qu'alors l'omphalosite produit sur un vitellus commun contracte des adhérences avec certaines parties de l'intestin grêle, et que ces adhérences déterminent sa pénétration dans la cavité péritonéale de son frère bien conformé. Évidemment je ne puis ici que poser la question.

Cette remarque de Wolff donne une explication bien simple de l'inclusion abdominale pour les oiseaux. Je ne connais pas, toutefois, de faits authentiques d'inclusion abdominale complète chez les animaux de cette classe[1].

Mais la prévision de Wolff est complètement réalisée dans certains cas de gémellité qui simulent chez les oiseaux la véritable monstruosité double.

Is. Geoffroy Saint-Hilaire rapporte un fait intéressant, présenté par un jeune poulet qui lui avait été remis par Félix Pouchet. « Ce monstre double, dit-il, se compose en premier lieu d'un sujet autosite régulièrement conformé dans son ensemble ; en second lieu d'un parasite composé de deux pattes mal conformées, réunies supérieurement à un bassin rudimentaire... Le parasite, au lieu d'être accolé immédiatement à l'autosite, est comme suspendu à distance par une sorte de cordon ombilical, long de 1 pouce environ, qui, partant de l'extrémité supérieure du parasite, se porte vers la région ombilicale de l'autosite[2]. » Cette sorte de cordon ombilical est évidemment le reste du vitellus interposé entre les deux embryons, et qui n'a pas été résorbé.

Supposons maintenant que le vitellus pénètre tout entier dans la cavité abdominale de l'embryon bien conformé, et qu'il s'y résorbe, comme cela se produit dans l'état normal. Si ce vitellus porte un embryon acéphale réduit à un train postérieur plus ou moins incomplet, cet embryon semblera attaché dans la graisse de l'abdomen ou du croupion de l'embryon bien conformé. Ainsi se produisent des monstres, très fréquents chez les oiseaux, et qu'Is. Geoffroy Saint-Hilaire a décrits sous le nom de *Pygomèles,* mais en les réunissant, sous ce nom, à d'autres monstres dont l'origine est toute différente. Nous voyons en effet, dans les Pygomèles, que tandis que les uns, qui appartiennent à la fois à la classe des oiseaux et à celle des mammifères, ont leurs membres surnuméraires soudés ou articulés avec le squelette du sujet

[1] On trouve dans les *Atti di Siena,* t. III, p. 110, l'observation, faite par un médecin nommé Tabarrani, d'un poulet trouvé dans la cavité péritonéale d'une poule. Mais est-ce là réellement un fait d'inclusion abdominale? Il est possible que ce soit un fait comparable aux grossesses extra-utérines. En effet, on a mentionné, à diverses reprises, l'observation de vitellus tombés de l'ovaire dans la cavité abdominale, fait qui, d'après Lapeyronie, serait le point de départ de la formation de ces œufs sans jaune que l'on désigne sous le nom d'*œufs de coq.* On a mentionné de plus des traces de développement embryonnaire sur des jaunes trouvés dans la cavité abdominale. J'ai moi-même observé un fait de ce genre, tout à fait au début de mes études.

[2] Is. Geoffroy Saint-Hilaire. *Traité de Tératologie,* t. III, p. 290.



composant, il en est d'autres, appartenant seulement à la classe des oiseaux, chez lesquels l'embryon parasite est simplement implanté dans la graisse abdominale[1].

La gémellité univitelline, lorsque les deux embryons se développent sur un blastoderme unique, est la condition essentielle de la formation d'un monstre double. On a vu que, dans tous ces cas, les embryons jumeaux sont unis entre eux d'une manière médiate, dès le moment de leur apparition, par les deux feuillets primitifs du blastoderme qui entrent tous les deux dans la constitution de l'embryon : l'ectoderme par la formation du tube cérébro-spinal et de l'épiderme, l'entoderme par la formation de l'épithélium du tube digestif, et, plus tard, par l'union des parties extra-embryonnaires des splanchnopleures qui forment le feuillet vasculaire. Dans les circonstances ordinaires, les embryons ne sont donc unis entre eux que par leurs annexes. Mais il peut se faire que les corps embryonnaires eux-mêmes viennent à se souder, et alors se produisent les monstres doubles. Comment cela se fait-il ?

Il faut, pour cela, que certaines parties des corps embryonnaires se trouvent en contact au moment de leur développement. A cette époque, les tissus ne sont encore constitués que par des cellules homogènes, et possèdent, comme je l'ai déjà dit, la propriété de s'unir. Si les embryons sont à une certaine distance l'un de l'autre, ils ne peuvent s'unir que par leurs annexes, et ils peuvent atteindre l'époque de l'éclosion sans se souder entre eux. Chez les oiseaux qui ne se séparent pas de la vésicule ombilicale, les jumeaux ainsi produits forment un omphalopage. Chez les mammifères et chez l'homme qui se séparent de la vésicule ombilicale, les jumeaux se séparent, au moment de la naissance, en constituant deux êtres distincts et indépendants l'un de l'autre. Au contraire, si les corps embryonnaires sont très rapprochés, ils ne pourront s'accroître et se développer sans se mettre immédiatement en contact, et alors, selon qu'ils seront plus ou moins rapprochés, ils s'uniront par les lames latérales, ou même par les parties médianes, et de cette union résultera un monstre double. Je ferai connaître plus loin les conditions diverses de cette union et, par conséquent, le mode de formation des divers types de la monstruosité double[2].

[1] Is. Geoffroy Saint-Hilaire. *Traité de Tératologie*, t. III, p. 265.
[2] Voir le chap. IX de la 3e partie.

Telle est la théorie de la monstruosité double que j'ai déduite, dès 1865, de l'observation directe et de la comparaison des faits. Elle doit être complétée par un élément nouveau, signalé dans ces derniers temps par Rauber, la position respective des deux ou trois embryons qui peuvent se développer simultanément sur un blastoderme unique, tandis que, dans l'état normal, il ne s'y produit qu'un seul embryon. La bandelette primitive (*Primitifstreif*), que l'on a considérée jusqu'à présent comme le premier état de l'embryon[1], est toujours placée d'une certaine façon sur le blastoderme. Elle se développe sur cette membrane au point de séparation de l'aire transparente et de l'aire opaque; l'extrémité céphalique se dirige vers le centre du blastoderme qui est aussi le centre de l'aire transparente, et, par conséquent, l'extrémité caudale se développe d'une façon excentrique en s'éloignant de plus en plus du centre du blastoderme. Or s'il arrive que deux ou trois bandelettes primitives se produisent sur un même blastoderme, elles seront disposées comme les rayons d'un cercle, et alors les extrémités internes de ces rayons se rapprocheront, en convergeant, du centre du blastoderme, tandis que les extrémités externes s'en écarteront en divergeant. Il résulte de cette disposition que tous les embryons, étant placés de la même manière par rapport au centre du blastoderme, ne pourront se trouver en contact que par les parties homologues de leurs corps, c'est-à-dire dans la situation nécessaire pour la mise en jeu de la loi d'union des parties similaires, loi qui régit toute l'organisation des monstres doubles[2].

[1] On verra, dans le chap. VIII, § 3, de la 3e partie, que certaines observations tératologiques me conduisent à penser que la formation de la bandelette embryonnaire est précédée par un autre état sur lequel l'embryogénie normale ne m'a, jusqu'à présent, fourni aucun document.

[2] Ces faits que Rauber a mis le premier en lumière sont devenus, pour lui, le point de départ d'une théorie générale de la monstruosité double, qu'il désigne sous le nom de *théorie de la radiation*.

Dans ce livre entièrement consacré à l'exposition des faits que j'ai observés et de leurs conséquences immédiates, je n'entrerai point dans de plus grands détails sur cette théorie qui a son origine dans l'étude des diplogenèses chez les poissons, et dans les rapports de position des formations embryonnaires avec le trou vitellin (*Dotterloch*) et le blastopore. Je ferai seulement remarquer que cette théorie ne diffère pas essentiellement de celle que j'ai déduite de mes observations sur les embryons d'oiseaux, et qu'elle ne fait que la compléter. Gerlach en a fait expressément la remarque (*Hier begegnet Rauber der Auffassung Dareste's, der... ebenfalls betonts dass die beiden Componenten einer Doppelmissbildung von dem Momente ihrer Erscheinens auf mittelbare Weise vereinigt sind.* Gerlach, *loc. cit.*, p. 155). La seule différence qui existe entre nous, c'est que

La fusion de deux corps embryonnaires, lorsqu'ils ne sont encore constitués que par des blastèmes cellulaires homogènes, fait d'ailleurs disparaître toutes les difficultés que l'on éprouve à comprendre la destruction partielle ou totale d'organes complètement formés et l'union des organes ou des parties d'organes qui auraient échappé à cette destruction, difficultés qui rendaient si puissantes les objections que Winslow opposait à Lémery. Comme je l'ai dit souvent, les organes définitifs des monstres doubles, si compliqués qu'ils nous paraissent, se produisent d'emblée avec tous leurs caractères, comme ceux des monstres simples, dans des blastèmes préalablement modifiés par la cause tératogénique. L'étude de la formation des monstres simples présente des faits analogues qui font parfaitement comprendre comment les choses se passent. J'ai déjà fait remarquer que, dans la symélie, où la soudure des membres postérieurs a été constatée directement, les organes situés sur le plan d'union peuvent manquer en plus ou moins grand nombre[1], ce qui résulte, non de leur destruction, mais du défaut de leur formation. L'histoire des monstres doubles présente un nombre considérable de faits de ce genre.

Il faut encore ajouter, pour énumérer toutes les conditions générales de la formation des monstres doubles, que les deux sujets composants sont tantôt égaux et tantôt inégaux. Is. Geoffroy Saint-Hilaire a considéré ce fait comme le point de départ de la division des monstres doubles en deux ordres; il désigne les monstres dont les sujets composants sont égaux sous le nom de monstres *autositaires*, ceux dont les sujets composants sont inégaux sous le nom de monstres *parasitaires*[2]. Il a montré de plus que tous les types des monstres omphalosites se trouvent reproduits par les sujets parasites des monstres doubles parasitaires[3]. Mes observations donnent la raison de ce fait. En effet, qu'un omphalosite se développe sur un même œuf et dans une même cicatricule qu'un embryon bien conformé, il arrivera de deux choses l'une : ou bien il se trouvera au contact du sujet bien conformé, et il s'unira à lui pour former un monstre double parasitaire ; ou bien il

Rauber considère les deux corps embryonnaires comme produits par la division des éléments de la cicatricule, tandis que, dans ma pensée, ils ont une autre origine et se rattachent très probablement à la fécondation (Voir le § 5 du présent chapitre).

[1] Voir p. 421.

[2] Voir p. 247.

[3] Is. GEOFFROY SAINT-HILAIRE. *Traité de Tératologie*, t. III, p. 233.

restera à distance du sujet bien conformé et, tout en lui étant uni médiatement par le blastoderme et par l'aire vasculaire, il ne pourra se souder avec lui pour former un véritable monstre double. En d'autres termes, les monstres omphalosites et les sujets parasites des monstres parasitaires ont la même origine; ils ne diffèrent les uns des autres que par leur mode d'union avec leur frère bien conformé, union immédiate chez les seconds, médiate seulement chez les premiers.

Les considérations que je viens de développer permettent d'expliquer, de la manière la plus simple, à l'aide de la théorie dualistique, le mode de formation de la plupart des types de la monstruosité double. Toutefois, il y a certains de ces types où la dualité primitive est beaucoup plus difficile à constater, et qui fournissent les principaux arguments des défenseurs de l'unité primitive et du dédoublement partiel de l'embryon. Or, je puis faire intervenir ici, à l'appui de mes idées, un fait qui m'a beaucoup frappé depuis le commencement de mes recherches.

Le livre actuel est presqu'entièrement consacré à l'histoire de la formation des monstres simples. Or, les éléments qui m'ont servi pour cette étude sont les monstres que j'ai produits artificiellement, et que je puis produire en aussi grand nombre que je veux. Depuis trente ans, j'en ai observé plusieurs milliers. Il n'en est pas de même des monstres doubles. Lorsque j'ai publié la première édition de ce livre, je n'avais rencontré dans mes expériences qu'une quarantaine de cas de diplogenèses (à peu près 10 embryons jumeaux et 30 monstres doubles) sur un total d'environ 10,000 œufs : ce qui fait un cas de diplogenèse pour 250 embryons normaux. Bien que nous ignorions absolument le rapport du nombre des diplogenèses à celui des embryons normaux, dans l'évolution naturelle, nous pouvons supposer que le rapport de 1 à 250 qui résulte de mes expériences ne s'en éloigne pas beaucoup. Ce rapport n'a certainement pas été modifié par les observations de diplogenèses que j'ai recueillies depuis la publication de mon livre[1]. Il me paraît bien évident que si les monstres doubles résultaient d'un dédoublement partiel ou même total, je pour-

[1] Du reste, je n'attache aux données de la statistique qu'une importance très restreinte dans ces questions de physiologie, car elles doivent être considérablement modifiées par l'individualité. Je reviendrai sur ce point dans le § 5 du présent chapitre, et je me contente, pour le moment, de signaler un fait qui m'a beaucoup frappé: c'est que généralement les cas de diplogenèses que j'ai observés se sont présentés par séries, ce qui semble indiquer que les œufs qui les pré-



rais les produire artificiellement aussi facilement et en aussi grand nombre que les monstres simples, par une modification plus ou moins considérable des conditions de l'évolution. En effet, dans la théorie unitaire, la fissiparité de l'embryon doit être mise en jeu par un agent extérieur quelconque, tandis que, dans la théorie dualistique, telle que je le conçois, la cicatricule possède, dès son origine et avant la segmentation, deux centres de formation embryonnaire.

L'impossibilité où se trouve actuellement la tératogénie de créer les diplogenèses a pour moi une telle importance que, même en l'absence de tous les faits que j'ai recueillis et qui m'ont fourni les éléments de mes études, je n'hésiterais pas à rejeter complètement la théorie du dédoublement. Je dois donc examiner quelques expériences dont on a cru pouvoir tirer des conclusions toutes contraires, et rechercher si elles seraient de nature à modifier ma manière de voir.

Valentin a essayé, en 1850, de produire artificiellement des monstres doubles par une division longitudinale partielle du corps. Pour cela, il enlevait un petit segment de la coquille, se servait de l'ouverture ainsi produite pour léser l'embryon, puis refermait la coquille et remettait l'œuf en incubation. Il divisa longitudinalement la partie postérieure d'un embryon après deux jours d'incubation, puis il remit l'œuf en incubation et l'ouvrit de nouveau au bout de 5 jours. Il aurait vu, dans cette expérience, l'embryon terminé par deux trains de derrière, dont chacun aurait présenté un bassin et une paire de membres. Mais Valentin dit lui-même que cette expérience unique est trop insuffisante pour établir la possibilité de la production des monstres doubles par le dédoublement partiel d'un embryon simple[1]. Comme depuis il n'a rien publié de pareil, on peut croire que de nouvelles expériences faites sur le même sujet l'auront conduit à des résultats négatifs. Mais on peut maintenant donner sur cette question des détails plus précis.

sentaient auraient été pondus par les mêmes poules ou fécondés par les mêmes coqs. Mais, quoi qu'il en soit, je ne peux pas ne pas signaler la différence énorme de fréquence entre l'apparition des monstres simples et celle des monstres doubles dans mes expériences.

[1] Voici ses propres paroles que je cite d'après Panum, parce que je n'ai pu me procurer le travail original : « *Valentin selbst ausdrücklich sagt : dass ihm diese isolirte Erfahrung natürlicherweise noch lange nicht genügt, um eine Entstehung der Doppelmissbildung durch künstliche Spaltung der Keimanlage zu beweisen etwa in der Weise wie bei den Trembleyschen Versuchen mit Polypen.* » PANUM, *loc. cit.*, p. 243.



Schrohe qui reprit ces expériences sous la direction de Leuckart, et les effectua sur un assez grand nombre d'œufs, est arrivé toujours à des résultats négatifs. Il a constaté seulement que les embryons divisés partiellement pouvaient continuer à s'accroître, mais sans former de parties nouvelles.

Beaucoup plus récemment, Gerlach a cherché à produire artificiellement les monstres doubles, en rendant la coquille presqu'entièrement imperméable à l'air, et en réservant seulement à sa surface un espace perméable en forme d'Y ou de V, de manière à contraindre l'embryon à se développer uniquement au-dessous des jambages de ces lettres. J'ai déjà parlé de ces expériences[1] et j'ai montré que, sur 60 œufs, un seul avait présenté une bifurcation antérieure. Peut-on admettre que cette bifurcation avait été produite artificiellement? Et n'est-il pas plus simple de l'expliquer par la réalisation d'une virtualité déposée dans l'embryon? Je crois qu'on ne peut rien conclure, en pareil cas, d'une expérience unique. La signification véritable de l'expérience de Gerlach ne pourra résulter que de la multiplication d'expériences semblables. En effet, s'il n'est pas toujours possible de répéter une observation, il est toujours possible de refaire une expérience aussi souvent qu'on le veut, et en se plaçant dans toutes les conditions qui peuvent conduire à la vérité. Du reste, bien que je ne croie pas présentement à la théorie de la bifurcation, même dans quelques cas particuliers, je suis tout prêt à l'admettre le jour où je la verrais établie sur des faits nombreux et bien étudiés.

Je ferai remarquer d'ailleurs que Gerlach n'admet la formation d'un monstre double par le dédoublement d'un embryon primitivement unique que dans certains types très peu nombreux, et qu'il se rattache à la théorie de la fusion dans le plus grand nombre de cas.

Pour résumer cette étude des diplogenèses chez les oiseaux, je ferai remarquer que l'accord sur cette question est très près de se faire entre les embryogénistes.

Nous voyons que dans presque tous les cas, sinon dans tous, la diplogenèse résulte de la formation, sur un blastoderme unique produit par une cicatricule unique, de deux corps embryonnaires, qui tantôt restent séparés, et tantôt se fusionnent plus ou moins complètement. Le désaccord commence lorsqu'il s'agit de déterminer l'ori-

[1] Voir p. 145.

gine de ces deux corps embryonnaires. Peuvent-ils se produire à un certain moment par une simple modification de la cicatricule? Ou bien cette lame vivante ne contiendrait-elle pas virtuellement, dès l'époque de la fécondation, deux ou même trois centres de formation embryonnaire? C'est une question que j'examinerai ultérieurement[1].

§ 4.

Les faits relatifs à l'histoire de la diplogenèse, que l'on a recueillis dans les œufs de Poisson fécondés artificiellement, sont en pleine concordance avec ceux que l'on a étudiés chez les oiseaux, et dont je viens de faire une exposition détaillée. Ainsi que je l'ai dit déjà, je me bornerai à faire ressortir cette concordance.

Lorsque Jacobi publia, en 1766, sa célèbre lettre sur la pisciculture, il y mentionna l'existence, dans certains des œufs de Saumon et de Truite qu'il fécondait artificiellement, d'embryons jumeaux développés sur une même vésicule ombilicale et de monstres doubles. En 1855, M. de Quatrefages fit connaître des faits semblables à l'Académie des sciences. Cette communication, qui devint le point de départ d'une discussion célèbre, a provoqué de nombreux travaux sur la diplogenèse chez les poissons, travaux qui sont encore continués de nos jours.

Lereboullet, dans son mémoire sur les monstres appartenant à l'espèce du Brochet[2], a décrit et figuré un nombre considérable de monstres doubles et quelques monstres triples. Il a vu ces monstres naître, comme chez les oiseaux, sur un blastoderme unique provenant

[1] Voir le § 5 du présent chapitre.

[2] Je viens de relire le Mémoire de Lereboullet, et je dois dire combien je suis frappé du nombre et de l'intérêt des faits nouveaux qu'il a recueillis. Par exemple il a, le premier, appelé l'attention des embryogénistes sur les relations de position qui existent entre le rebord du blastoderme (ce qu'il appelle le *bourrelet embryonnaire*) avec la ou les bandelettes embryonnaires. C'est là incontestablement le point de départ de la théorie de la radiation que Rauber a soutenue dans ces dernières années.

Maintenant je dois ajouter qu'il n'est pas toujours facile d'utiliser au profit de la science les faits recueillis par Lereboullet. C'est qu'à l'époque de la publication de ce mémoire, l'embryogénie des poissons était encore très peu avancée. Elle a toujours été en retard sur l'embryogénie des oiseaux qui contient encore, même aujourd'hui, bien des parties obscures. On s'explique donc comment, il y a trente ans, les faits si curieux contenus dans ce mémoire n'aient pas été assez complètement décrits pour pouvoir être toujours bien interprétés. Il y aurait actuellement un grand intérêt scientifique à reprendre ce travail à l'aide de toutes les notions nouvelles que les embryogénistes ont recueillies dans ces dernières années.

d'une cicatricule unique. Mais, fait remarquable, il n'a jamais rencontré dans cette espèce les cas de diplogenèse consistant dans la production de deux embryons distincts sur une même vésicule ombilicale.

Au contraire, les faits de ce genre sont relativement fréquents chez les salmonidés. Quelle en est l'origine? Peuvent-ils se produire, comme chez les oiseaux, tantôt sur un blastoderme unique et provenant d'une cicatricule unique, et tantôt sur un blastoderme unique mais résultant de la fusion plus ou moins précoce de deux blastodermes provenant de deux cicatricules distinctes? Il est actuellement impossible, faute d'observations directes, de répondre à cette question d'une manière péremptoire; mais je suis très disposé à croire que les deux cas peuvent se produire. M. de Quatrefages[1] et Knoch, qui ont parlé de ces faits, ont signalé, dans certains cas, l'existence d'une scissure assez profonde existant sur la vésicule ombilicale. Cette scissure n'est-elle pas l'endroit où deux blastodermes primitivement distincts se seraient unis? Mais je ne puis ici que faire des conjectures, et je me contenterai de faire remarquer les analogies que présentent ces embryons jumeaux avec les jumeaux univitellins de la classe des oiseaux. Dans ces deux classes, les jumeaux ainsi produits restent isolés l'un de l'autre tant que la vésicule ombilicale n'a pas complètement pénétré dans la cavité abdominale des embryons, événement qui, chez les poissons, ne se produit qu'un certain temps après l'éclosion. Alors les embryons sont unis par les ombilics et constituent cet organisme qu'Is. Geoffroy Saint-Hilaire a désigné sous le nom d'*Omphalopage,* organisme qui n'est pas, en réalité, un monstre double, mais seulement l'assemblage de deux jumeaux qui n'ont pu se séparer, comme cela a lieu chez les mammifères et l'espèce humaine.

Les monstres doubles chez les Poissons se produisent-ils par l'union de deux embryons primitivement distincts, et seulement réunis d'une manière médiate par le blastoderme? Ou bien résultent-ils du dédoublement partiel d'un embryon primitivement unique? Cette dernière doctrine a paru généralement d'autant plus vraisemblable que, chez les Poissons, les types de la monstruosité double, beaucoup moins diversifiés que chez les oiseaux, sont ceux dont l'union est la plus précoce. On a admis d'ailleurs que la fissiparité de l'embryon pouvait

[1] De Quatrefages. *Formation des monstres doubles chez les poissons* dans les *Comptes rendus*, 1855, t. LX, p. 626. — Knoch, *loc. cit.*, passim.



être produite par des causes extérieures, et on a allégué, à cet égard, les résultats que certains expérimentateurs auraient obtenus. Il importe d'examiner ces faits et de rechercher leur véritable signification.

On a dit que Valentin, qui fut l'un des principaux défenseurs de cette théorie, aurait produit des monstres doubles par le brossage de la surface de la coque d'œufs de brochet fécondés artificiellement.

Il n'y a rien de pareil dans le mémoire de Valentin. Ce physiologiste dit seulement, après avoir décrit un monstre double : « Il serait possible que je l'eusse produit artificiellement par l'action de la compression pendant le brossage. » Valentin n'indique donc le fait que comme une simple possibilité. Et d'ailleurs il n'invoque l'action du brossage que dans un seul cas[1].

Lereboullet a voulu vérifier l'opinion de Valentin : il a étudié l'influence du brossage et de la compression de l'enveloppe des œufs de brochet pendant le développement de l'embryon. Le nombre des monstres doubles dans les œufs soumis à cette action n'a pas été plus grand que dans ceux qu'il laissait se développer dans les conditions normales[2].

Beaucoup plus récemment, en 1873, Knoch annonça qu'il avait produit artificiellement des monstres doubles en agissant sur les embryons de plusieurs espèces de poissons de la famille des Salmonidés[3].

Il fit deux lots d'œufs fécondés artificiellement. Les uns furent placés dans un réservoir où l'eau était immobile ; les autres dans un réservoir où l'eau était continuellement agitée par l'impulsion d'un filet

[1] VALENTIN. *Ein Beitrag über die Entwickelungsgeschichte der Doppelmissgeburten* dans l'*Archiv für physiologische Heilkunde*, 1851, t. X, p. 6. « Es wäre daher möglich, dass ich sie unbewusst künstlich erzeugt hätte, indem ich die Blätter der Pincette bei dem Putzen zusammendrückte. » Voir aussi p. 35, où il reproduit la même idée.

[2] LEREBOULLET, *loc. cit.*, p. 117, 134, 147, 149, 153, 163, 174, 176 et 182. — Voici le résumé de ses expériences (p. 317) :

« § 27. Les actions mécaniques exercées sur les œufs ne m'ont donné que des résultats négatifs. Ces actions (compression et brossage) sont impuissantes à changer le mode d'agrégation des éléments de la cicatricule et ne sauraient en aucune façon provoquer la formation des monstres doubles.

« Le brossage, en maintenant les œufs dans un grand état de propreté, favorise leur développement. »

« § 28. L'aplatissement des œufs par la compression et le dessèchement partiel de leur coque, par suite d'une longue exposition à l'air, n'ont aucune influence sur le développement de l'embryon. »

[3] KNOCH, *loc. cit.*, p. 212.



d'eau courante. Les œufs placés dans l'immobilité n'auraient point donné de monstres doubles; les œufs constamment agités en auraient au contraire présenté seize.

Les monstres doubles observés dans cette dernière condition appartiendraient tous à une même forme que Knoch appelle *diplomyélie*, et qui serait caractérisée par la division longitudinale de la partie postérieure du corps.

Je ferai remarquer tout d'abord que, s'il était possible de produire artificiellement la monstruosité double par une modification des conditions extérieures du développement, il serait bien étrange de voir une seule forme se produire. Mais les considérations théoriques n'ont dans les sciences qu'une valeur très restreinte et ne dispensent jamais de l'examen des faits.

J'ai, dès 1874[1], émis des doutes sur l'interprétation que Knoch avait donnée de ses diplomyélies, et j'avais cherché à rattacher les faits obtenus par lui à cette catégorie d'embryons que Lereboullet avait décrits dans son célèbre mémoire, embryons caractérisés par une tête unique et une queue unique séparées par deux demi-corps n'ayant chacun qu'une série de protovertèbres. Je pensais alors, en partant de faits observés par moi dans certains embryons de poulets, que les embryons de Lereboullet n'étaient ni des monstres doubles, ni des monstres simples, mais des embryons qui auraient été divisés mécaniquement par une déchirure longitudinale suivant l'axe du corps. Les *diplomyélies* de Knoch me paraissaient tout à fait comparables aux embryons de Lereboullet. Mais je ne m'étais exprimé ainsi que d'une manière toute dubitative par suite de l'insuffisance des descriptions et des dessins de Knoch, n'ayant pas d'ailleurs sur cette question des observations personnelles qui m'auraient permis d'émettre une opinion arrêtée.

Mes prévisions sur ce sujet ont été pleinement justifiées par les nouvelles recherches de Rauber. Cet embryogéniste reprenant, avec des observations personnelles, l'étude des embryons à deux demi-corps distincts, observés par Lereboullet, a émis sur leur mode de formation une opinion que je considère comme très vraisemblable, en les considérant comme des embryons simples frappés d'arrêts de développement par suite de la permanence du trou vitellin (*Dotterloch*) qu'il con-

[1] Dareste. *Mémoire sur l'origine et le mode de formation des monstres doubles* dans les *Archives de Zool. expérimentale*, t. III, p. 114, 1874.



sidère comme l'analogue de la gouttière primitive. Je ne reviendrai pas sur ces faits dont j'ai déjà parlé à l'occasion de l'anencéphalie[1]. Je me contenterai seulement de faire remarquer que Rauber assimile, comme moi, les diplomyélies de Knoch aux embryons décrits par Lereboullet. Je me crois donc pleinement autorisé à ne pas considérer ces anomalies comme des monstruosités doubles, produites par la division mécanique d'un embryon primitivement simple.

Je suis donc conduit à admettre que pour les Poissons, comme pour les Oiseaux, la dualité monstrueuse ne résulte pas de la division consécutive d'un embryon primitivement unique, division produite par des actions extérieures. Je puis d'ailleurs faire remarquer que Lereboullet, après sa longue série d'expériences sur la production des monstres doubles chez le Brochet, s'est prononcé depuis longtemps sur cette question de la manière la plus formelle. « Il n'est nullement prouvé, dit-il, que les monstruosités en général et *particulièrement les monstruosités doubles* seraient occasionnées par les influences que les agents extérieurs ont pu produire sur les œufs[2]. »

Un fait intéressant qui résulte de ces observations sur la formation des monstres doubles chez les poissons, c'est que le développement des deux corps embryonnaires n'est pas toujours égal, et que, tandis que l'un des corps se développe complètement, l'autre peut s'arrêter dans son développement et même éprouver une marche régressive qui finit par le changer en une masse informe. Lereboullet a signalé plusieurs faits de ce genre[3]. Cette résorption de l'un des corps embryonnaires peut même se produire après l'éclosion[4]. Ces faits ont un grand intérêt pour la tératologie, car ils donnent très probablement l'explication de la formation d'un certain nombre de types de la monstruosité double parasitaire. Tel est, par exemple, dans l'espèce humaine, le type des Épicomes qui présente une tête rudimentaire soudée à la tête du sujet principal. Tel est, dans l'espèce bovine, le type des Hypognathes qui présente une tête rudimentaire soudée à la mâchoire inférieure du sujet

[1] Voir p. 393.

[2] Lereboullet, *loc. cit.*, p. 320. Cette proposition de Lereboullet paraît, au premier abord, tout à fait contraire à mes expériences sur la tératogénie. Mais il ajoute : « Les seules modifications qui paraissent dues quelquefois à l'influence des agents extérieurs sont des arrêts de développement, des déformations et des atrophies. » Je me suis déjà expliqué sur ce point (voir p. 63).

[3] Lereboullet, *loc. cit.*, *passim.*

[4] A. d'Audeville. *Un cas singulier de tératologie sur un Salmonide monstrueux*, dans le *Bulletin de la Société d'Acclimatation*, 4e série, t. V, p. 990, 1888.

principal. Je m'explique ces monstruosités en admettant que la tête accessoire appartenait à un corps qui aura été totalement ou, dans certains cas, partiellement résorbé[1].

§ 5.

Mes expériences m'ont prouvé que les agents dont l'influence détermine l'évolution des œufs pondus et mis en incubation, et qui, plus ou moins modifiés, produisent si souvent la monstruosité simple, ne produisent jamais la monstruosité double. Lereboullet est arrivé à la même conclusion par ses expériences sur les œufs du brochet. On ne peut donc attribuer la monstruosité double à la division partielle d'un embryon primitivement simple. L'origine de la monstruosité double doit appartenir à une époque beaucoup plus reculée de la vie de l'œuf.

L'observation a d'ailleurs montré, dans un très grand nombre de cas, que la monstruosité double résulte de la fusion plus ou moins complète de deux corps embryonnaires développés sur un blastoderme unique provenant d'une cicatricule unique. On verra plus loin comment la fusion de ces deux corps embryonnaires produit, suivant la manière dont elle s'opère, les divers types de la monstruosité double[2].

La cicatricule de l'œuf d'oiseau contient donc en elle, dès l'époque de la ponte, les éléments de deux corps embryonnaires qui, tantôt restent distincts l'un de l'autre, et tantôt s'unissent pour former un monstre double. Le problème de la monstruosité double consiste donc actuellement dans la détermination de la cause qui produit les deux corps embryonnaires. Or il se réduit à ceci. Les deux corps embryonnaires proviennent-ils d'une division accidentelle de la cicatricule? Ou bien se produit-il dans cette membrane, au lieu d'un foyer unique de formation embryonnaire, deux et parfois même trois foyers? C'est à cela que viennent aboutir aujourd'hui les deux théories de l'unité primitive et de la dualité primitive des monstres doubles. Il

[1] Nous ne possédons actuellement que des notions très incomplètes sur l'origine de ces monstres. Je ferai toutefois remarquer qu'un épicome décrit par Vottem portait non seulement une tête rudimentaire, mais en outre un tronc beaucoup plus rudimentaire encore. Je me représente ces faits en admettant que les épicomes sont des céphalopages chez lesquels l'un des sujets composants, frappé de métamorphose régressive, aura été plus ou moins résorbé, en même temps qu'il perdait ses connexions avec la vésicule ombilicale. Evidemment de pareils faits ne pourraient se produire chez les oiseaux qui restent attachés à la vésicule ombilicale.

[2] Voir le chap. IX de la 3e partie.

est curieux de voir que ces deux théories, si distinctes en apparence et que, pendant longtemps, on aurait pu considérer comme inconciliables, viennent en réalité presque se confondre en une seule. Examinons ces deux théories.

Assurément la division de la cicatricule ou d'un germe primitivement unique est l'hypothèse la plus simple, celle qui se présente tout d'abord à l'esprit. Mais elle présente une très grosse difficulté. On ne voit pas pourquoi la cicatricule, qui reste simple dans le plus grand nombre des cas, se diviserait dans certains cas exceptionnels. Cette division ne pourrait se produire que par l'action de causes spéciales, causes dont personne, jusqu'à présent, n'a pu, je ne dis pas indiquer, mais même soupçonner la nature.

On conçoit, au contraire, plus facilement la production, dans la cicatricule, de deux centres de formation embryonnaire. Rappelons ce fait, déjà signalé, que le blastoderme et l'embryon, bien qu'unis l'un à l'autre d'une manière indissoluble, présentent cependant, à bien des égards, une certaine indépendance. Le blastoderme, formé primitivement de deux feuillets, l'ectoderme et l'entoderme, peut se développer d'une manière complète, et même revêtir toute la masse du jaune sans former d'embryon. Lorsque l'embryon apparaît, il se produit tout d'abord sous la forme d'un bourgeon mésodermique qui emprunte certaines parties à l'ectoderme sus-jacent et à l'entoderme sous-jacent pour les faire pénétrer dans son organisation. C'est ainsi que, dans la génération alternante, le typozoaire s'approprie un certain nombre de parties du métazoaire qui lui a donné naissance[1]. On voit donc facilement comment deux et même trois corps embryonnaires développés simultanément sur un blastoderme unique sont en réalité et à leur origine des êtres distincts, quoique liés entre eux d'une manière indissoluble par le blastoderme d'abord, et plus tard par leurs annexes, êtres qui peuvent rester distincts pendant toute la vie embryonnaire (omphalopages), ou se souder l'un à l'autre, plus tôt ou plus tard, pour former un monstre double.

Comment peut-on comprendre l'apparition de deux corps embryonnaires sur un blastoderme unique? Et quelle est la cause qui amène cette modification de la cicatricule?

La pensée qui se présente tout d'abord à l'esprit, c'est que cette modification proviendrait d'un certain changement dans la manière

[1] Voir le chap. II, § 2, de la 2e partie.

dont s'opère l'union de l'élément mâle et de l'élément femelle, ou, en d'autres termes, l'acte physiologique de la fécondation.

Telle était déjà, au siècle dernier, la pensée de Jacobi, l'inventeur de la fécondation artificielle. Il avait rencontré des monstres doubles dans les œufs de poissons soumis à ses expériences, et cherché à en expliquer l'origine par la pénétration de deux spermatozoïdes dans un même œuf[1].

Dans l'état actuel de la science, il est absolument impossible d'étudier ces faits chez les oiseaux, comme d'ailleurs chez tous les animaux à fécondation intérieure. Là, en effet, le phénomène de la fécondation a échappé, jusqu'à présent, à l'observation directe. Mais la question a pu être abordée chez les animaux à fécondation extérieure.

Lorsqu'à partir de 1848, la pratique de la pisciculture fut reprise à la suite d'une communication de M. de Quatrefages[2], l'emploi de la fécondation artificielle pour la multiplication des poissons fut le point de départ d'une ère nouvelle pour l'étude de l'évolution de ces animaux. Depuis lors, les travaux sur l'embryogénie ichtyologique se multiplièrent. Les physiologistes eurent ainsi l'occasion d'observer un nombre plus ou moins considérable de diplogenèses en voie de formation. Or, cette étude conduisit à penser que la fécondation, dans certaines conditions, pouvait provoquer la formation des monstres doubles, et que la fécondation artificielle, dans laquelle les conditions de l'union de l'élément mâle et de l'élément femelle peuvent être plus ou moins modifiées, produisait un plus grand nombre d'œufs contenant des monstres doubles que la fécondation s'opérant dans les conditions naturelles. C'est pourquoi, bien qu'il soit absolument impossible actuellement de se faire une idée, même approximative, du

[1] Jacobi explique ainsi la formation des monstres doubles, non seulement chez les poissons, mais chez les autres animaux et chez l'homme lui-même. Voici comment il s'exprime : « Alle Missgeburten bei Menschen und den Thieren überhaupt, welche einen gemeinschaftlichen Magen haben, entstehen wenn ein Ei durch mehr als ein Samenthier fruchtbar geworden ist. » Cette phrase est aussi explicite que possible. Mais on peut se demander comment Jacobi avait pu, à l'aide des microscopes si imparfaits du siècle dernier, arriver à une notion aussi précise. Jusqu'à quel point cette proposition de Jacobi reposait-elle sur des observations bien faites, et non simplement sur des conceptions hypothétiques? La lecture de sa lettre ne peut pas nous renseigner sur ce point. Mais, quoi qu'il en soit, il est curieux de voir exprimée, dès le siècle dernier, une théorie qui a pris de nos jours une certaine importance.

[2] De Quatrefages. *Des fécondations artificielles appliquées à l'élève des poissons*, dans les *Comptes rendus*, 1818, t. XXVII, p. 413.

nombre de monstres doubles dans les œufs fécondés naturellement, on s'accorde généralement à admettre que la fécondation artificielle produit un plus grand nombre de diplogenèses que la fécondation naturelle. On a cru également reconnaître que la fécondation par la méthode sèche donne une proportion plus considérable de diplogenèses que la fécondation par la méthode humide[1].

S'il en était ainsi, non seulement la fécondation artificielle mettrait aux mains des embryogénistes, en plus ou moins grande abondance, des œufs de poisson contenant des monstres doubles, mais encore elle leur permettrait de les produire artificiellement. Quoi qu'il en soit, la fécondation artificielle a le grand avantage de nous fournir les matériaux d'un des chapitres les plus importants de la tératogénie.

Quelle est cette modification de la fécondation qui, dans certains cas, produit la monstruosité double ? Jusqu'à ces dernières années, l'ignorance où nous étions de la véritable nature de cet acte physiologique ne permettait pas de répondre à cette question. Mais les travaux récents d'Hertwig, de Fol, de Selenka, qui ont fécondé artificiellement sur le porte-objet du microscope des œufs d'oursins et d'étoiles de mer, ont fait connaître les phases ultimes et essentielles de ce phénomène. Avant eux, on avait vu les spermatozoïdes traverser les enveloppes de l'œuf, en plus ou moins grand nombre, et s'arrêter à la surface du vitellus. Ces physiologistes ont été beaucoup plus loin : ils ont constaté que l'un des spermatozoïdes pénètre dans le vitellus, qu'il s'y transforme en un corps particulier que l'on désigne sous le nom de *noyau mâle*, et que ce noyau mâle vient s'unir à un noyau femelle, occupant le centre du vitellus, et résultant d'une modification de la vésicule germinative. La fécondation, c'est-à-dire la production d'un corps embryonnaire, est donc le résultat de la fusion de deux éléments, l'un mâle et l'autre femelle. Ils ont constaté également que, malgré le nombre des spermatozoïdes que l'on peut rencontrer à la surface du

[1] La méthode humide consiste à opérer la fécondation artificielle dans l'eau. Knoch, dont j'ai mentionné les travaux sur l'embryogénie des poissons, a substitué à la méthode humide la méthode sèche qui consiste à répandre la laitance sur les œufs préalablement recueillis dans des récipients secs, et qui ne sont plongés dans l'eau qu'après que le mélange des deux éléments a été opéré. Cette méthode donne, à ce que l'on dit, un nombre plus considérable d'œufs fécondés, mais elle produirait plus de monstres doubles. On la désigne généralement sous le nom de méthode Wrassky, du nom du pisciculteur qui l'a appliquée le premier dans un établissement qu'il a créé près de Moscou. Mais il paraît qu'elle est due à Knoch.



vitellus, un seul y pénètre, au moins dans les conditions normales, et par conséquent suffit pour opérer la fécondation, contrairement aux idées qui ont régné jusqu'à présent dans la science[1]. La formation d'une membrane résistante autour du vitellus, formation qui suit la pénétration du spermatozoïde, ferme complètement l'accès à tous les autres.

Toutefois, les observations de Fol nous ont appris que, dans certaines circonstances particulières qui peuvent même être produites artificiellement, deux ou plusieurs spermatozoïdes pénètrent dans le vitellus avant la formation de la membrane d'enveloppe. Il se produit ainsi plusieurs noyaux mâles qui viennent s'unir au noyau femelle. Fol a vu alors, dans certains cas, la segmentation se produire d'une manière insolite et constituer des embryons qui donnent naissance à des larves monstrueuses par la multiplication de certaines de leurs parties. Toutefois, il n'a pas constaté de relation constante entre le nombre des noyaux mâles et celui des parties en excès. Ces noyaux semblent agir, non comme individus, mais comme dépôts de matière plastique[2].

Est-ce là l'origine de la monstruosité double ? Et devons-nous l'attribuer, avec Fol, à la pénétration dans le vitellus d'une plus grande quantité de substance mâle ? Dans l'état actuel, cette théorie paraît très vraisemblable. Mais il faudrait en chercher la confirmation par des expériences faites sur les animaux supérieurs, à fécondation extérieure. Je sais bien que ces études présenteraient chez les poissons, par suite de la constitution des enveloppes de l'œuf, de très grandes difficultés. Mais j'ai la conviction que ces difficultés ne sont pas insurmontables, et que, dans les sciences d'observation, on doit toujours arriver à constater les faits. Peut-être les œufs des Batraciens se prêteraient-ils plus facilement à ces recherches ?

Il ne faut pas d'ailleurs oublier que la question est très complexe, beaucoup plus complexe qu'on serait tenté de le croire. En effet, les modifications du phénomène de la fécondation, que nous supposons être la cause de la production de la monstruosité double, ne dépendent

[1] Voir la note 2, p. 95.

[2] FOL. *Sur le commencement de l'hénogénie chez divers animaux*, dans les *Arch. de Zool. expériment.*, 1877, 1re série, t. VI. — *Recherches sur la fécondation et le commencement de l'hénogénie chez divers animaux*, dans les *Mémoires de la Société de Physique et d'Hist. nat. de Genève*, 1879, t. XXVI. — *Sur l'origine de l'individualité chez les animaux supérieurs*, dans les *Comptes rendus*, 1883. t. XCI, p. 497.



pas seulement, selon toute apparence, de conditions extérieures, ainsi que Fol a cherché à l'établir. Il est très probable qu'elles dépendent aussi des parents eux-mêmes et de ce fait, non moins singulier que réel, de l'individualité qui domine la physiologie tout entière[1].

Lorsque j'ai publié la première édition de ce livre, j'avais fait demander à M. Chantran, qui avait été l'aide de Coste dans ses expériences de pisciculture, des renseignements sur les conditions de l'apparition des monstres doubles dans les bassins du Collège de France. J'appris que l'on avait rencontré des diplogenèses assez fréquemment dans les œufs de Saumon, de la grande truite du lac de Genève, de l'ombre-chevalier, tandis qu'on n'en avait jamais rencontré dans les œufs de la Truite ordinaire. Ils s'y présentèrent une première fois, en 1876, dans les œufs d'une truite récemment introduite dans les bassins. Il y a deux ans, j'avais commencé des expériences de fécondation artificielle avec M. Albert Geoffroy Saint-Hilaire dans le beau laboratoire de pisciculture qu'il a récemment établi au Jardin d'Acclimatation. Nous avons fécondé simultanément, par la méthode humide et par la méthode sèche, les œufs d'une truite arc-en-ciel. Les œufs ainsi fécondés ne nous ont donné aucun monstre double. Je n'ai pu malheureusement continuer ces expériences.

On a signalé des faits analogues dans l'espèce humaine.

Bertillon, dans un travail statistique sur la gémellité[2], signale un fait curieux : c'est que l'aptitude à produire des jumeaux varie suivant les races. La gémellité, dans l'espèce humaine, résulte de deux faits physiologiques bien distincts. Tantôt les jumeaux se produisent dans deux œufs différents, tantôt ils se produisent dans un œuf unique. En comparant entre elles les naissances dans les races européennes, Bertillon arrive à cette conclusion que les femmes magyares produisent le plus grand nombre de jumeaux bi-vitellins, tandis que les femmes françaises produisent le plus grand nombre de jumeaux univitellins. D'après les faits que j'ai exposés dans ce chapitre, les femmes françaises auraient donc le triste privilège de produire plus de monstres doubles et de monstres omphalosites que les femmes des autres races européennes[3].

[1] Voir le chap. II de la 1re partie.

[2] BERTILLON. *Des combinaisons de sexe dans les grossesses gémellaires (doubles ou triples), de leurs causes ou de leurs combinaisons ethniques*, dans les *Bulletins de la Société d'Anthropologie*, 2e série, t. IX, p. 270, 1874.

[3] Il faut ajouter ici que, d'après les recherches de Bertillon, le nombre des

On ne peut expliquer ces faits qu'en admettant une modification initiale des éléments générateurs, anatomique ou physiologique, modification antérieure à la fécondation. Mais il est actuellement impossible de décider si cette modification affecte l'élément mâle ou l'élément femelle[1].

Il y a au contraire des cas dans lesquels la modification affecte bien évidemment l'élément mâle.

On a constaté, en effet, que l'aptitude à la production des jumeaux est quelquefois héréditaire, et que, dans certains cas, la faculté de transmission héréditaire appartient plutôt aux hommes qu'aux femmes. Virey[2], Baillarger[3] ont mentionné des faits de ce genre. Je tiens de M. de Quatrefages l'indication d'une famille dans laquelle les hommes passaient pour posséder cette étrange faculté et qui, par cela même, ne trouvaient que difficilement à se marier. Une jeune fille ayant donné naissance à des jumeaux, tout le monde dans le pays en attribua la paternité à un membre de cette famille.

En tenant compte de tous ces faits, on peut supposer que la production des jumeaux uni-vitellins et celle des monstres doubles qui en est souvent la conséquence résultent de conditions particulières de l'union de l'élément mâle et de l'élément femelle qui, d'ailleurs, peuvent avoir été modifiés antérieurement à la fécondation. Assurément ces idées ne pourront entrer définitivement dans la science que lors-

jumeaux uni-vitellins serait, d'une manière générale, notablement moindre que celui des jumeaux bi-vitellins. D'ailleurs le travail de Bertillon contient une cause d'erreur que je dois signaler. N'ayant eu d'autres matériaux que les registres de l'État civil, il n'avait aucun document direct sur la dualité ou l'unité des œufs, et il déduisait ces deux éléments d'une circonstance physiologique particulière. Les jumeaux uni-sexués sont toujours univitellins; les jumeaux bi-sexués sont toujours bi-vitellins. Mais les jumeaux bi-vitellins ne sont pas toujours bi-sexués. On voit, par conséquent, que Bertillon a pu compter parmi les jumeaux uni-vitellins des jumeaux qui étaient, en réalité, bi-vitellins, et que, par conséquent, les nombres qu'il a donnés pour les jumeaux uni-vitellins sont plus grands que dans la réalité. Cela d'ailleurs ne change pas la conclusion de Bertillon sur la variation de la gemelliparité univitelline avec la race.

[1] Coste et Schultze ont cru pouvoir expliquer ces faits par l'existence de deux vésicules germinatives dans une cicatricule unique. Mais Lereboullet, qui a fait des recherches spéciales à ce sujet, n'a jamais rencontré deux vésicules germinatives dans les milliers d'ovules de Brochet qu'il a examinés. (Voir les pièces de la discussion sur l'origine des monstres doubles dans les *Comptes rendus*, 1855, t. XL, *passim*.)

[2] Virey. *Nouveau Dictionnaire d'Histoire naturelle*, t. XII, p. 259.

[3] Baillarger. *Recherches statistiques, physiologiques et pathologiques sur les enfants jumeaux*, dans les *Comptes rendus*, t. XLII, p. 931, 1855.

qu'elles auront été vérifiées par l'observation directe des faits. Mais, quand on suit l'histoire de la tératologie, on ne peut pas ne pas être surpris de voir comment beaucoup de questions qui paraissaient tout d'abord absolument inaccessibles ont fini par être résolues d'une manière plus ou moins complète.

Bonnet écrivait en 1779[1] la phrase suivante : « Je tiens cette question de l'origine des monstres pour interminable; on pourrait discuter pour et contre jusqu'à la fin des siècles ». On a vu ce que l'on doit penser de cette affirmation.

La tératogénie produit artificiellement les monstres simples, et fait connaître les lois de leur formation. Elle a pu constater directement la formation de presque tous les types de la monstruosité double, et selon toute apparence elle arrivera prochainement à en produire un certain nombre. Mais, dans cette étude comme dans toutes les autres, il ne faut pas devancer, par des solutions hâtives, l'instruction qui doit résulter de l'étude patiente des faits. N'oublions jamais que dans la science, comme d'ailleurs dans une foule de circonstances de la vie, il faut savoir attendre et se résigner à attendre.

[1] Bonnet. *Lettre à Malacarne* du 16 novembre 1879, dans le 14e volume des Œuvres complètes.

CHAPITRE VIII.

MODE DE FORMATION ET CONDITIONS D'EXISTENCE DES MONSTRES OMPHALOSITES.

SOMMAIRE : 1° Absence du cœur. — 2° Gémellité. — 3° Rôle de la gémellité dans la vie des monstres omphalosites. — 4° Absence plus ou moins complète de la solidarité organique. — 5° Mode de formation des différents types de cet ordre. — 6° Absence de la viabilité.

§ 1.

L'ordre des monstres omphalosites présente les types les plus disparates, au moins en apparence, depuis les paracéphales, doués d'une organisation viscérale encore assez complexe et d'une tête rudimentaire, jusqu'aux anides, simples masses de tissu cellulaire revêtues de peau et de poils.

Toutefois ces monstres présentent un caractère anatomique commun : l'absence du cœur, ou, très exceptionnellement du moins, son état rudimentaire. Ce caractère a une très grande importance par suite des fonctions physiologiques accomplies par le cœur à partir d'une certaine époque de la vie embryonnaire. Il entraîne pour tous les monstres de cet ordre des conditions d'existence communes qui justifient parfaitement son établissement par Is. Geoffroy Saint-Hilaire, bien que ce savant n'ait pu s'en faire, il y a cinquante ans, une idée exacte. Mes études sur la tératogénie m'ont permis de combler cette lacune du *Traité de Tératologie*. C'est un des résultats les plus intéressants auxquels elles m'ont conduit.

On connaît le rôle que les embryogénistes ont attribué pendant longtemps au cœur. Cet organe n'était pas seulement l'organe moteur de la circulation : c'était encore l'organe qui se formait le premier dans l'embryon, et qui formait tous les autres. « Tous les animaux qui ont du sang, avait dit Aristote, ont un cœur... Quand on ouvre un œuf au début de l'incubation, on voit le cœur dans le blanc de l'œuf comme un point de sang ; il bondit et se meut comme un ani-

mal vivant... C'est le principe de toutes les parties semblables et dissemblables[1]. » Les grands travaux de Harvey semblèrent confirmer, de la manière la plus complète, l'opinion d'Aristote.

Ce fut donc une nouveauté bien étrange lorsqu'en 1683 un anatomiste nommé Gœller, fort peu connu d'ailleurs, décrivit un monstre privé de cœur, bien que possédant une organisation fort compliquée[2]. Gœller comprit parfaitement l'importance de cette observation : « Doit-on encore considérer le cœur, disait-il, comme l'organe qui vit le premier, suivant l'opinion d'Aristote[3]? » Mais personne ne tint compte alors de cette observation de Gœller, ni de la remarque dont il l'accompagnait.

Un autre fait du même genre fut observé, quelques années après, par un anatomiste italien nommé Vogli. Il en envoya la description au célèbre Vallisnieri. Celui-ci répondit à Vogli qu'il ne pouvait y croire. Vogli invoqua le témoignage de deux anatomistes, Valsalva et Bianchi, qui avaient assisté à la dissection. Vallisnieri, ne pouvant persister dans une dénégation absolue, finit par déclarer que la compréhension de l'organisation de ce monstre était au-dessus de l'intelligence humaine[4].

Toutefois, il arriva un moment où il fallut se rendre à l'évidence, par suite de la publication d'un certain nombre de faits analogues.

En 1810, Béclard signala l'absence du cœur comme un caractère général des monstres acéphales[5]. En 1822, un anatomiste allemand, Elben, donnait à un mémoire sur l'organisation des acéphales ce titre significatif : *De acephalis sive monstris corde carentibus*[6]. Nous savons aujourd'hui que l'absence du cœur est un fait encore plus général qu'Elben le supposait, puisqu'il appartient à tous les om-

[1] ARISTOTE, *passim*. Καρδίαν ἅπαντα ἔχει ὅσα αἷμα ἔχει... Καὶ ἐκλέπεται τὸ ᾠὸν, καὶ ὅσον στίγμη αἱματίνη ἐν τῷ λευκῷ ἡ καρδία. Τοῦτο δὲ τὸ σημεῖον πηδᾷ καὶ κινεῖται, ὥσπερ ἔμψυχον... Ἀρχὴ γάρ αὕτη καὶ τῶν ὁμοιομερῶν καὶ τῶν ἀνομοιομερῶν.

[2] C'était un paracéphale.

[3] « Pulmones plane deerant; uti et, quod mirum, penetrale cordis... Majorem admirationem subit nutritionis opus, organique sanguinem impellentis et aliarum partium absentia. Anne adhuc primum vivens cum Aristotele... cum vulgo dixeris? » GŒLLER. *Abortus humani monstrosi historia,* dans les *Ephem. naturæ curiosorum*, 1683, p. 315.

[4] Voir les pièces de cette discussion dans VALLISNIERI, *Opere diverse*, t. III, p. 466.

[5] BÉCLARD. *Mémoire sur les Acéphales*, dans les *Bulletins de la Faculté de Médecine de Paris*, 1815 et 1817.

[6] ELBEN. *De Acephalis sive monstris corde carentibus*. 1821. Berlin.



phalosites. On a, il est vrai, signalé quelques exceptions à cette règle. Mais le cœur, lorsqu'il existait dans ces monstres, était rudimentaire et ne pouvait remplir ses fonctions physiologiques[1].

Les travaux des embryogénistes ont considérablement diminué l'étrangeté de ce fait de l'absence du cœur. Cet organe n'est pas celui qui se forme le premier et qui forme tous les autres : il n'apparaît qu'à un certain moment de la vie embryonnaire et lorsque l'axe cérébro-spinal est déjà complètement ébauché. On comprend donc qu'il puisse faire complètement défaut, ou du moins n'exister qu'à l'état rudimentaire. Il peut être frappé d'arrêt de développement aussi bien que toutes les autres parties de l'organisme.

Toutefois, le rôle du cœur est encore considérable, même dans la vie embryonnaire, puisqu'il est l'organe moteur de la circulation du sang. Or, c'est la circulation du sang qui relie entre elles les différentes parties de l'organisme, qui leur apporte les matériaux de leurs éléments histologiques définitifs et les met ainsi en mesure d'accomplir leurs fonctions physiologiques. L'absence du cœur a donc pour résultat d'arrêter à un certain moment l'évolution de l'embryon et d'amener rapidement sa mort, à moins qu'elle ne soit compensée par l'intervention d'une condition physiologique particulière : la gémellité.

§ 2.

Les anatomistes, qui ont publié des descriptions de monstres omphalosites, ont souvent mentionné, dans le récit de leurs observations, l'existence de la gémellité et aussi celle d'un placenta unique commun aux deux embryons. En 1826, Et. Geoffroy Saint-Hilaire signala la fréquence de cette condition dans les descriptions de monstres omphalosites; il soupçonna qu'elle n'était pas seulement fréquente, mais constante, et qu'elle devait se rattacher à une particularité importante de la formation de ces monstres[2].

J'ai rappelé ce fait dans le chapitre précédent à propos des monstres omphalosites dont j'ai constaté l'existence chez les oiseaux[3]. J'ai montré de plus, ce que l'on ignorait avant moi, que les omphalosites se produisent chez les oiseaux comme chez les mammifères, que, là aussi, ils sont jumeaux et même que c'est la gémellité qui a empêché

[1] Voir l'indication de ces faits dans le *Traité de Tératologie*, t. II, p. 506.

[2] Et. Geoffroy Saint-Hilaire. *Note sur l'Acéphalie*, dans la *Revue médicale*, 1826.

[3] Voir p. 460.

jusqu'à présent de constater leur existence dans cette classe. En effet, j'ai montré que les embryons omphalosites qui se produisent chez les oiseaux ne peuvent se séparer de leur frère jumeau. Cela fait qu'ils simulent des monstres doubles, exactement comme les embryons jumeaux bien conformés, lorsqu'ils sont produits sur un même jaune.

J'ai parlé également des connexions vasculaires qui s'établissent entre les deux embryons et rendent leurs vies solidaires l'une de l'autre. Ces connexions vasculaires appartiennent d'abord à la circulation vitelline, puis, comme cela résulte d'une observation de Flourens, à la circulation allantoïdienne. Chez les mammifères ces connexions s'établissent par les anastomoses des circulations placentaires qui remplacent les circulations allantoïdiennes. Ces anastomoses dans un placenta commun aux deux embryons ont été constatées à diverses reprises par les physiologistes lorsque deux embryons s'étaient produits dans un même œuf, soit qu'il y eût deux amnios, soit que l'amnios fût unique. On a constaté ces anastomoses même dans certains cas de gémellité où l'un des embryons était un omphalosite.

Ces faits expliquent très facilement comment la gémellité peut suppléer à l'absence du cœur dans l'un des embryons. Par suite des anastomoses des deux circulations, c'est le cœur de l'embryon bien conformé qui remplace le cœur de l'embryon omphalosite; c'est lui qui pousse le sang dans son appareil vasculaire et qui lui permet ainsi de se mettre en contact avec tous les organes. Dans cette étrange association, l'omphalosite n'est donc, en réalité, qu'un organe détaché de son frère jumeau, vivant d'une vie d'emprunt, et condamné nécessairement à périr lorsque l'union vient à cesser.

Ce fait fut indiqué vaguement par H. Meckel en 1850[1]. Cet anatomiste avait signalé la communication des artères ombilicales et des veines ombilicales des deux embryons dans le placenta commun. L'année suivante, Cazeaux fit connaître les conditions très remarquables que ces anastomoses introduisent dans la circulation de l'embryon omphalosite[2]. Il en résulte, en effet, que dans l'embryon omphalosite la circulation est en grande partie renversée. Le sang artérialisé dans le placenta arrive dans l'omphalosite par l'artère ombi-

[1] H. Meckel. *Ueber die Verhältnisse des Geschlechts, der Lebensthätigkeit und der Eihäute bei Einfachen und Mehrgeburten*, dans les *Archives de Muller*, 1850.

[2] Cazeaux. *Description d'un monstre péracéphale, suivie de quelques réflexions sur la circulation du sang dans cette espèce de monstruosité*, dans les *Mémoires de la Société de Biologie*, t. III, p. 211, 1851.



licale, puis il pénètre dans l'aorte. Dans ce vaisseau il se partage en deux courants. L'un d'eux suit sa direction normale, en se répandant dans les membres inférieurs; l'autre remonte dans l'aorte en sens inverse de sa direction naturelle et vient pénétrer par les branches artérielles dans la partie supérieure du corps. Des artères le sang passe par les vaisseaux capillaires dans l'intérieur des veines. Dans la région supérieure, le sang, au lieu de remonter, redescend dans les veines jusqu'à la veine ombilicale. Dans la région inférieure, le contraire a lieu; le sang remonte, comme dans l'état normal, jusqu'à l'origine de la veine ombilicale, par laquelle il se rend au placenta, et, par les anastomoses placentaires, il pénètre dans la veine ombilicale de l'embryon bien conformé.

Ce singulier renversement de la circulation est d'ailleurs en rapport avec une particularité anatomique déjà signalée par un anatomiste nommé Kalck : l'absence des valvules dans le système veineux. Elle serait, d'ailleurs, d'après d'autres observateurs, limitée aux parties du système veineux dans lesquelles la circulation est renversée[1].

Il faut ajouter que, si le fait du renversement de la circulation dans le monstre omphalosite est un fait général, il doit cependant se présenter dans des conditions différentes, suivant les types que l'on étudie. En effet, plusieurs de ces types se constituent avant la formation du placenta et de l'allantoïde, et les anastomoses des deux circulations doivent appartenir à la circulation vitelline. Cela arrive évidemment pour les anides et pour deux autres types qu'Is. Geoffroy Saint-Hilaire ne connaissait point et que je décris sous les noms d'*hétéroïde* et de *céphalide*. Dans ces types, l'absence ou peut-être l'état rudimentaire de l'intestin s'oppose à la production de l'allantoïde et par suite à celle du placenta. C'est donc la circulation vitelline qui seule établit alors les communications vasculaires entre l'omphalosite et l'embryon bien conformé.

§ 3.

On voit, par ce qui précède, comment la gémellité se lie à l'absence du cœur. L'embryon omphalosite ne peut vivre, au moins à l'époque où il a besoin de sang, et de sang artérialisé, que s'il a contracté des

[1] Kalck. *Monstri acephali humani expositio anatomica*. Berlin, 1825. — Gurlt et Hempel, cités par Claudius, *Die Entwickelung der herzlosen Missgeburten*. 1859, p. 39.

anastomoses vasculaires avec un embryon bien conformé, dont le cœur sert de moteur pour le sang qui pénètre dans ses organes. Mais est-ce là tout le rôle de la gémellité?

Un anatomiste de Kiel, Claudius, qui a publié en 1859 un travail sur les monstres privés de cœur, attribue à la gémellité un rôle beaucoup plus considérable[1]. Non seulement elle serait la condition de la prolongation de la vie dans les monstres omphalosites, mais encore elle déterminerait leur production. Les deux embryons seraient, dès le début, complets et bien conformés; tous les deux posséderaient un cœur. Si ces deux embryons possèdent la même vitalité, ils se développeront également et d'une manière normale. Mais s'il arrive que l'un des embryons soit plus vigoureux que l'autre, le cœur de cet embryon refoulera avec énergie le sang dans le cœur de l'embryon moins vigoureux; le choc des deux sangs y déterminera des coagulations; les caillots se répandront dans le système vasculaire et y arrêteront le mouvement circulatoire. Par suite de cet arrêt du sang, certaines parties seront frappées de mort et tomberont en putrilage. Ainsi se constitueront ces embryons incomplets dans lesquels une partie plus ou moins considérable du corps vient à manquer.

Cette théorie n'est qu'une application de la théorie générale qui explique les monstruosités par l'altération pathologique consécutive d'une organisation primitivement complète et normale. Je ne ferai pas ressortir toutes les impossibilités physiologiques que soulève cette théorie, qui ne repose que sur des hypothèses invraisemblables. Ici, comme dans toutes les autres parties de la tératogénie, le meilleur moyen de la combattre, c'est d'exposer les faits.

Or il résulte de mes recherches que si la gémellité joue un grand rôle dans l'existence des monstres omphalosites à une certaine époque de leur vie, elle est entièrement étrangère à leur origine. Les monstres omphalosites peuvent se constituer isolément, comme les monstres autosites, mais ils ne peuvent continuer à vivre et à se développer que dans le cas de la gémellité.

Dès le début de mes expériences, j'ai constaté fréquemment la mort précoce des embryons qui s'étaient développés dans des conditions anormales. Dans un très grand nombre de cas, ces embryons morts étaient déjà plus ou moins désorganisés et détruits. Mais lorsque j'ai pu les rencontrer avant leur destruction, j'ai constaté qu'ils présen-

[1] Claudius, *loc. cit.*, p. 26.

taient souvent des anomalies plus ou moins considérables. L'étude attentive de ces anomalies, toutes les fois que l'embryon n'était pas assez désorganisé pour m'empêcher de la faire, m'a souvent fait reconnaître en eux des omphalosites en voie de formation.

L'embryon peut être frappé d'arrêts généraux ou partiels de développement, antérieurement à la formation du cœur. Or, par suite de ces arrêts de développement, le cœur peut faire complètement défaut.

Dans d'autres cas il commence à se former; mais il s'arrête dans l'un quelconque des états que j'ai fait connaître plus haut, et ses cavités ne se mettent point en communication avec le réseau des vaisseaux qui a pu se produire dans le feuillet vasculaire et se remplir de globules sanguins. Dans ces conditions l'embryon est voué fatalement à une mort prématurée. Il ne peut échapper à cette cause de mort que s'il a contracté des adhérences vasculaires avec un frère jumeau bien conformé.

Alors la gémellité intervient, non pas pour produire les monstres omphalosites, mais pour prolonger jusqu'à la naissance ou l'éclosion leur existence qui autrement serait littéralement éphémère. Et cette prolongation de l'existence des monstres omphalosites s'accompagne chez eux de la continuation de l'évolution qui substitue, dans bien des cas, les éléments histologiques définitifs aux éléments histologiques homogènes qui apparaissent les premiers. Les organes des monstres omphalosites peuvent être aussi complètement développés que ceux des êtres normaux, bien qu'ils ne le soient pas toujours. C'est ce qui arrive, par exemple, pour la plupart des organes dans les véritables acéphales qui sont les omphalosites les plus élevés dans la série. L'embryon omphalosite n'est donc, en réalité, qu'une dépendance de son frère jumeau, exactement comme l'embryon parasite dans les monstres doubles parasitaires. Ces deux organismes sont absolument de même nature et vivent de la même façon. Il n'y a de différence que dans le mode d'union avec le jumeau bien conformé, médiate dans le premier cas, immédiate dans le second.

§ 4.

Les monstres omphalosites dont je viens de mentionner d'une manière générale les conditions d'existence constituent des organisations différentes, à bien des égards, des êtres normaux et même des monstres simples.

Rappelons ce que j'ai dit déjà sur les conditions de la vie de l'embryon antérieurement à la formation du cœur et à la mise en contact du sang avec toutes les parties de l'organisme. Dans cette période, l'embryon est entièrement constitué par des matériaux homogènes. Or l'une des conséquences les plus remarquables de cette homogénéité, c'est le défaut de solidarité des diverses parties[1].

Un des caractères les plus remarquables de l'animal adulte, dans les classes supérieures du règne animal, c'est la corrélation des organes et l'harmonie des fonctions. Plus est grande la diversité des parties, et plus intimes doivent être les relations qui les unissent. Ce fait avait déjà frappé les philosophes de l'antiquité. On le trouve très nettement énoncé dans un aphorisme célèbre appartenant à un livre qui fait partie de la collection des écrits attribués à Hippocrate[2].

On en a souvent parlé dans les temps modernes. Kant disait déjà : « Un produit organisé de la nature est celui dans lequel tout est *but* et aussi, réciproquement, *moyen*[3]. » Ces paroles de Kant, qui expriment d'une manière très nette et très précise les conditions de la solidarité organique, ont reçu de Goethe un complément nécessaire. En effet, Goethe a parfaitement reconnu que la solidarité est d'autant plus nécessaire que les parties sont plus dissemblables. Mais, d'une autre part, la dissemblance des parties est une condition de perfectionnement. La solidarité des différentes parties de l'organisme sera donc d'autant plus grande que l'organisation elle-même sera plus compliquée ou, en d'autres termes, plus parfaite. « Tout être vivant, disait-il, n'est pas une unité, mais une pluralité : alors même qu'il nous apparaît sous la forme d'un individu, il est une réunion d'êtres vivants et existant par eux-mêmes... Plus l'être est imparfait, plus les parties sont semblables et reproduisent l'image de l'ensemble. Plus l'être devient parfait et plus les parties sont dissemblables. Dans le premier cas, le tout ressemble à la partie ; dans le second, c'est l'inverse ; plus les parties sont semblables, moins elles se subordonnent les unes aux autres. La subordination des parties indique une créature d'un rang plus élevé[4]. »

[1] Voir le chapitre Ier, § 1, de la 2e partie.

[2] Ξύῤῥοια μία, ξύμπνοια μία, ξυμπαθέα πάντα· κατὰ μὲν οὐλομελίην πάντα, κατὰ μέρος δὲ τὰ ἐν ἑκάστῳ μέρει μέρεα πρὸς τὸ ἔργον. — Περὶ τρόφης, 23.

[3] KANT. *Die Kritik der Urtheilskraft*, dans les *Œuvres*, t. IV, p. 260. Ein organisches Product der Natur ist das, in welchem Alles Zweck und wechselseitig auch Mittel ist.

[4] GOETHE. Jedes lebendiges ist kein Einzelnes, sondern eine Mehrheit ; selbst

La solidarité des différentes parties de l'être vivant, manifestée par la corrélation des organes et l'harmonie des fonctions, n'est pas le privilège exclusif de l'âge adulte : elle appartient à tous les âges et se présente même, pendant la vie embryonnaire, sous une forme nouvelle que l'on pourrait désigner sous le nom de *corrélation successive*. Chaque événement embryogénique est la conséquence d'un événement antérieur, la condition d'un événement ultérieur. L'évolution de l'être n'est pas une simple succession, mais un enchaînement de phénomènes. La tératogénie en particulier le montre d'une manière bien évidente, puisque l'arrêt de développement d'un organe entraîne presque toujours après lui, d'une manière fatale, l'arrêt de développement d'un certain nombre d'autres organes. Je n'ai qu'à rappeler ici ce que j'ai dit déjà dans d'autres parties de ce livre.

Mais il est digne de remarque que cette solidarité ne se manifeste avec une certaine intensité, si l'on peut parler ainsi, qu'à une époque déterminée de la vie embryonnaire : l'époque de la formation du cœur et de l'établissement de la circulation. Il y a alors, dans l'organisme, un liquide, le sang qui, d'une part, relie entre elles les différentes parties et devient ainsi le premier instrument de la solidarité organique, et qui, d'autre part, leur apporte les matériaux à l'aide desquels elles façonnent leurs éléments hétérogènes et rend ainsi la solidarité plus nécessaire.

Avant la formation du cœur et l'établissement de la circulation, l'embryon est nécessairement constitué par des éléments homogènes. J'ai déjà signalé les conditions si curieuses de l'existence des embryons à cette première période de la vie et l'importance qu'elle présente pour la tératogénie[1]. Actuellement je dois signaler sinon l'absence, au moins l'état très imparfait de la solidarité. Chaque partie de l'embryon peut, dans une certaine mesure, vivre de sa vie propre, sans

insofern es uns als Individuum erscheine, bleibt es doch eine Versammlung von lebendigen selbstständigen Wesen... Je unvollkommener das Geschöpf ist, desto mehr sind diese Theile einander gleich oder ähnlich, und destomehr gleichen sie dem Ganzen. Je vollkommener das Geschöpf wird, desto unähnlicher werden die Theile einander. In jenem Falle ist das Ganze den Theilen mehr oder weniger gleich; in diesem das Ganze den Theilen unähnlich. Je ähnlicher die Theile einander sind, desto weniger sind sie einander subordinirt. Die Subordination der Theile deutet auf ein vollkommneres Geschöpf. — Cette page provient d'un opuscule de Goethe qui a pour titre *Bildung und Umbildung organischer Naturen*, écrit en 1807 et publié en 1817.

[1] Voir la première partie, chap. III, parag. 1.

avoir besoin du concours des parties voisines; elle peut également, dans une certaine mesure, parcourir isolément plusieurs phases de son évolution. C'est la réalisation exacte de la pensée de Goethe: que la solidarité est d'autant moindre que l'homogénéité est plus grande.

Il résulte de cette constitution primitive de l'embryon que, dans cette première phase de la vie pendant laquelle la masse entière du corps n'est qu'un blastème homogène au sein duquel s'ébauchent toutes les parties de l'organisme, chacune d'elles peut se constituer isolément et même traverser un certain nombre de phases successives, tandis que les parties voisines s'arrêtent dans leur premier état. Telle est l'origine des monstres omphalosites, dont la destinée est de périr de très bonne heure, à moins que des connexions vasculaires avec un embryon bien conformé ne leur permettent de se compléter par la formation des tissus définitifs et d'atteindre ainsi l'époque de la naissance ou de l'éclosion. Ainsi constitués, ces monstres ne présentent pas une organisation véritable, mais une simple juxtaposition d'organes.

§ 5.

Il résulte des considérations précédentes que les types tératologiques qui appartiennent à l'ordre des omphalosites sont beaucoup plus difficiles à définir que ceux de l'ordre des monstres autosites. En effet, ces monstres ne sont pas seulement réduits à certaines régions du corps; nous voyons encore que, dans chacune de ces régions, chaque organe peut manquer isolément sans que son absence entraîne nécessairement celle des organes voisins. Leur forme, comme leur structure, présente donc une variabilité presque indéfinie, et par conséquent, dans un grand nombre de circonstances, l'étude typique ne peut remplacer l'étude individuelle.

Is. Geoffroy Saint-Hilaire divise les monstres omphalosites en trois familles: les monstres paracéphaliens, caractérisés par l'existence d'une tête mal conformée ou rudimentaire; les monstres acéphaliens, caractérisés par l'absence de la tête et souvent aussi d'une partie plus ou moins considérable de la région supérieure du tronc; enfin les monstres anidiens, simples masses de tissu cellulaire[1].

[1] Voir dans le *Traité de Tératologie*, t. II, p. 437 et suiv., l'*Histoire des monstres omphalosites*.



Je dois joindre à ces familles deux types nouveaux : les Céphalides formés par des têtes isolées et dans lesquels le tronc fait complètement défaut ; les Hétéroïdes caractérisés par une tête et une queue rudimentaires et séparées par une masse comparable aux monstruosités anidiques.

Rudolphi et J. Müller ont décrit deux cas de céphalidie dans l'espèce humaine[1]. Les têtes qui constituaient la totalité de ces embryons étaient affectées de pseudencéphalie.

Le type des Hétéroïdes a été décrit et déterminé par Pictet en 1849. Mais on en connaissait des exemples dus à Deslongchamps et à Loiset. J'ai eu moi-même occasion de disséquer un Hétéroïde en 1864[2].

La variabilité individuelle que présentent les diverses monstruosités qui se rattachent à ces différents types ne me permet pas ici, comme pour les monstres autosites, de décrire exactement l'évolution de chacun d'eux. Je dois donc me borner à mentionner les observations, en très petit nombre, que j'ai pu recueillir sur ces questions de tératogénie en les commentant à l'aide des notions, encore insuffisantes, de l'embryogénie normale.

Malgré tous les efforts des embryogénistes modernes, on n'a pas encore déterminé d'une manière complètement satisfaisante le premier état de l'embryon lorsqu'il apparaît dans le blastoderme. On le représente généralement comme constitué au début par une traînée de matière organisée, que l'on désigne sous le nom de *ligne* ou de *bandelette primitive*, et dont la partie médiane se creuse pour former la *gouttière primitive*. Or mes recherches tératogéniques m'ont conduit depuis longtemps à me représenter l'origine de l'embryon d'une autre manière, et à considérer la bandelette primitive comme précédée elle-même par un autre état.

En effet, j'ai rencontré à plusieurs reprises des blastodermes dont le centre était occupé par une lame mésodermique circulaire qui s'était étendue entre l'ectoderme et l'entoderme, et qui occupait une

[1] RUDOLPHI. *Mém. de l'Acad. de Berlin*, 1816-1817, p. 99. — J. MULLER, *Medicinische Zeitung*, 1833, p. 213.

[2] PICTET. *Description d'un veau monstrueux formant un nouveau groupe (hétéroïde) dans la famille des monstres anidiens;* dans les *Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève*, t. XII, p. 335, 1851. — DESLONGCHAMPS. *Mémoire de la Société linnéenne de Normandie*, t. VIII, 1849. — LOISET. *Note sur un monstre mylacéphale;* dans les *Mémoires de la Société des Sciences de Lille*, 1845, p. 240. — DARESTE. *Rapport sur un veau monstrueux;* dans les *Archives du Comice agricole de Lille*, 1864.

partie plus ou moins grande de la surface du jaune. Or, cette lame mésodermique présentait un réseau de vaisseaux capillaires, généralement formé d'une manière complète et rempli de sang rouge. J'ai vu, mais rarement, cette lame mésodermique occupée par des îles de sang, complètement isolées en certains points, tandis que, dans d'autres, elles émettaient des prolongements et commençaient à se canaliser. En d'autres termes, il y avait là une véritable aire vasculaire se produisant exactement par les mêmes procédés que l'aire vasculaire de l'embryon normal. Toutefois ce système de vaisseaux capillaires n'était point en rapport avec un organe moteur, et, par conséquent, le sang restait immobile et ne pouvait circuler.

Ces faits m'ont conduit à supposer que l'embryon existe antérieurement à la formation de la bandelette primitive, sous la forme d'une lame mésodermique complètement homogène et ne présentant aucune différenciation en *bandelette primitive* et *lames latérales*. C'est ce que j'ai appelé, dans des publications antérieures, le *disque embryonnaire*. Il n'a évidemment, dans l'évolution normale, qu'une durée extrêmement courte, et il se différencie avec une très grande rapidité. Mais si, par l'action d'une cause tératogénique, la différenciation ne se produit point, le disque embryonnaire conserve son premier état; il prend un développement de plus en plus considérable et il donne naissance à un réseau de vaisseaux capillaires. Ainsi se constitue un être monstrueux dont l'organisation ne rappelle en rien celle de l'embryon de la poule.

Ces monstres doivent nécessairement périr plus ou moins rapidement. Mais supposons qu'ils se développent sur un même blastoderme avec un jumeau bien conformé, leur vie pourra se prolonger et leur évolution continuer dans une certaine mesure. Je n'ai pas eu l'occasion de rencontrer, chez les oiseaux, de semblables faits. Mais je crois pouvoir attribuer à une association de cette nature l'existence de monstres qui ont été parfois signalés dans l'espèce humaine et l'espèce bovine et que l'on a désignés sous le nom de *monstres anidiens*.

Les anides se présentent sous la forme de masses plus ou moins volumineuses de tissu connectif, présentant des vaisseaux dans leur intérieur et revêtus par une peau souvent couverte de poils. Ils naissent toujours avec un frère jumeau bien conformé, sur le placenta duquel ils sont implantés par des branches vasculaires[1].

[1] On désigne généralement les vaisseaux qui unissent les anides au placenta du jumeau bien conformé sous le nom de vaisseaux ombilicaux. Mais ces monstres,



J'ai déjà signalé l'analogie complète des monstres omphalosites avec le sujet accessoire des monstres doubles parasitaires. Or, s'il arrive qu'un monstre anidien soit soudé avec un embryon bien conformé, il constituera une de ces tumeurs que l'on désigne sous le nom de *Tératomes*, et qui se produisent assez fréquemment dans la région sacrée. On a beaucoup discuté sur leur nature. L'opinion qui prévaut aujourd'hui est celle que je viens de mentionner.

Lorsque la différenciation du disque embryonnaire s'est opérée et qu'il y a eu formation de la bandelette primitive et de la gouttière primitive, l'arrêt de développement de certaines de ses parties déterminera la formation d'omphalosites très variés, que je ne puis décrire ici que d'une manière très générale.

L'un des faits les plus remarquables et les plus fréquents que présentent alors les omphalosites est le défaut de formation de la tête. L'acéphalie chez les monstres de cet ordre s'explique très facilement par nos connaissances embryogéniques actuelles. Lorsque Baer fit connaître en 1828 la bandelette primitive et la gouttière primitive, il considéra la gouttière primitive comme représentant l'ensemble du canal médullaire depuis la tête jusqu'à l'extrémité caudale. Mais, ainsi que le montra Dursy en 1866[1], la formation de la gouttière médullaire est beaucoup plus complexe. Il se produit en avant de la bandelette primitive une nouvelle traînée de matière organique que l'on désigne sous le nom d'*apophyse céphalique* (*Kopffortsatz*), et cette apophyse céphalique se creuse à un certain moment pour former une gouttière, la *gouttière médullaire* (*Medullarrinne*), qui prolonge en avant la gouttière primitive. Il est donc bien évident que si l'apophyse céphalique ne se produit pas, la tête ne se développera pas et l'embryon sera un embryon acéphale.

L'acéphalie est donc un simple arrêt de développement, un défaut de formation de l'apophyse céphalique. Il n'est pas nécessaire pour l'expliquer de supposer la destruction de parties préexistantes.

Je dois ajouter ici que les embryogénistes qui ont étudié, dans ces dernières années, la formation de l'axe cérébro-spinal ne s'accordent

chez lesquels l'allantoïde ne peut pas se former, ne peuvent avoir de véritables vaisseaux ombilicaux. Les vaisseaux qui unissent les anides au placenta sont évidemment les vaisseaux omphalo-mésentériques. Cette remarque s'applique à tous les Omphalosites chez lesquels manque la partie terminale de l'intestin, et qui par conséquent ne peuvent avoir d'allantoïde.

[1] DURSY. *Der Primitifstreif des Hühnchens*, 1886.

pas sur la part que la gouttière primitive et la gouttière médullaire prennent à cette formation. Dursy pensait que la gouttière médullaire entrait seule dans la composition de l'axe cérébro-spinal. D'autres pensent, au contraire, que la gouttière primitive entre pour une part considérable dans cette formation. Je ne puis actuellement prendre parti dans cette discussion, faute d'observations personnelles. Mais mes études tératogéniques me donnent tout lieu de croire que si la région céphalique de l'embryon provient de la gouttière médullaire, la régions omatique provient, au contraire, de la gouttière primitive. J'ai déjà mentionné ces faits lorsque je me suis occupé de la fente médiane du rachis, qui se présente dans certains cas d'anencéphalie, et j'ai montré comment cette fente médiane pouvait être considérée comme la permanence de la gouttière primitive dans toute l'étendue de la bandelette primitive. Dans ce cas, les protovertèbres se développent des deux côtés de l'ouverture médiane. Quand le développement se produit d'une manière normale, la fente, qui disparaît d'avant en arrière, devient de plus en plus petite et semble reculer presque jusqu'à l'extrémité caudale. Mais toute la partie abandonnée par la fente médiane appartenait évidemment à la gouttière primitive et non à la gouttière médullaire. Je pense donc que la région somatique est produite par la gouttière primitive, tandis que la région céphalique provient de la gouttière médullaire. Mais cette notion n'a pas encore été établie par l'observation directe.

Ici se présente une difficulté. Quand on étudie comparativement les monstres acéphales, on voit que la région somatique, à peu près complète dans certains cas, est assez souvent incomplète. Is. Geoffroy Saint-Hilaire est même parti de ce fait pour rattacher les monstres acéphales à trois types différents: les vrais *Acéphales*, chez lesquels la région thoracique est aussi développée que la région abdominale; les *Peracéphales*, réduits à la région abdominale; les *Mylacéphales*, réduits à la région du sacrum. Ces trois types résultent d'inégalités dans le développement de l'axe cérébro-spinal. Mais comment se fait-il que la partie postérieure de cet axe existe toujours, tandis que la partie antérieure manque dans une étendue plus ou moins considérable? Pourquoi les faits ne se présentent-ils pas, dans d'autres cas, en sens inverse? Cela tient évidemment à un fait encore ignoré d'embryogénie. Pour le moment je dois me borner à poser la question.

L'apophyse céphalique peut exister, mais arrêtée dans son développement, soit par le défaut de formation de certaines parties, soit par

le développement asymétrique des deux côtés de la gouttière médullaire. J'ai rencontré assez fréquemment de semblables faits dans mes expériences. En outre, j'ai rencontré deux cas de gémellité dans lesquels un embryon à tête déformée, et privé de cœur, coexistait, sur un même blastoderme, avec un embryon normal et pourvu de cœur[1]. Ces embryons à tête déformée par l'arrêt de développement se rattachaient évidemment à la famille de monstres qu'Is. Geoffroy Saint-Hilaire a désignés sous le nom de *Monstres paracéphaliens*.

Le défaut de formation de la tête ou même, dans certains cas, son arrêt de développement entraînent, comme une conséquence nécessaire, le défaut de formation des parties qui proviennent de la région céphalique. C'est ainsi que la partie antérieure de l'intestin manque plus ou moins complètement, et cette absence de l'intestin antérieur entraîne l'absence du cœur, ou du moins, dans quelques cas rares, son état rudimentaire, et l'absence des poumons.

J'ai déjà montré comment la formation du cœur se lie nécessairement à la formation de l'intestin antérieur ou du pharynx[2]; d'où il résulte que, dans le langage des tératologistes, les termes d'*Acardiaque* et d'*Acéphale* sont devenus synonymes, et comment l'absence du cœur place les monstres omphalosites dans des conditions physiologiques toutes particulières qui ne ressemblent, en aucune façon, à celles des monstres simples autosites. Il est inutile d'y revenir actuellement.

Au contraire la partie postérieure de l'intestin se développe d'une manière plus ou moins complète, fait d'autant plus intéressant qu'il fait comprendre comment les acéphales se mettent en communication,

[1] Voir l'Atlas, pl. XIV, fig. 2 et 3.

Si j'ai rencontré assez fréquemment des monstres paracéphales chez les oiseaux, par contre je n'ai pas rencontré, jusqu'à présent, de véritables acéphales. Cela tient-il à ce que ces monstres ne se formeraient pas chez les oiseaux? Ou bien n'aurai-je pas su les reconnaître dans leurs premiers états? Je ferai remarquer que la mylacéphalie existe incontestablement dans cette classe, peut-être même d'une manière assez fréquente. La multiplication des membres postérieurs est assez commune chez les oiseaux; or j'ai montré que ces membres postérieurs accessoires sont, dans bien des cas, des monstres omphalosites qui se sont développés sur un jaune unique avec un frère jumeau, mais qui n'ont contracté avec lui aucune adhérence immédiate. Tel est incontestablement le cas d'un certain nombre de pygomélies rencontrées chez les oiseaux. De pareils faits ne peuvent se présenter chez les Mammifères et l'espèce humaine, parce que les mylacéphales, lorsqu'ils s'y produisent, se détachent au moment de la naissance.

[2] Voir le chap. Ier de la 3e partie.

par les vaisseaux ombilicaux, avec le placenta qu'ils possèdent en commun avec le frère jumeau bien conformé.

On a signalé parfois chez les monstres acéphales une disposition curieuse à bien des égards, et qui même paraîtrait impossible si elle n'avait été parfaitement établie : c'est l'absence de la moelle épinière et de la colonne vertébrale ; en d'autres termes, des parties qui proviennent des lames dorsales. Au contraire, les parties qui proviennent des lames latérales sont plus ou moins développées, comme les parois abdominales ou thoraco-abdominales et les membres. On peut supposer que, dans ces cas, la gouttière primitive et la gouttière médullaire ne se sont point formées. Jusqu'à présent je n'ai pas rencontré de semblables faits dans mes expériences, ce qui pourrait tenir à ce que je n'ai pas reconnu leur véritable nature. Peut-être, dans certains de ces cas, la corde dorsale existait-elle; c'est du moins ce qui me paraît résulter de quelques détails des observations[1].

Je ne puis pas ne pas signaler l'étrangeté de ces faits. Il y a des êtres vivants provenant de l'embranchement des vertébrés qui sont privés du fait fondamental et primordial de l'organisation de ces ani-

[1] Cette absence de la moelle épinière et de la colonne vertébrale existait dans les cas suivants :

1° Type des mylacéphales : CLARKE, *Description of an extraordinary production of human Generation;* dans les *Philosophical Transactions,* t. LXXXIII, p. 154. 1793. — ROUGET, *Note sur un monstre mylacéphalien du mouton;* dans les *Mémoires de la Société de Biologie,* 2e sér., t. I, p. 267. 1854.

2° Type des péracéphales : ANTOINE, *Sur un agneau fœtus monstrueux;* dans l'*Histoire de l'Académie des Sciences,* 1703, p. 28. — BRACQ, Observation provenant des *Archives de la Société de Chirurgie,* et rapportée par BÉCLARD. *Mémoire sur les Acéphales;* dans les *Bulletins de la Faculté de Médecine de Paris,* 1815, p. 504. — BONN, *Ontleetkundige Beschriv. en Aanmerk. over het Maaksel en de Vœding eener zeldzaame en wanstalt. Menschvrucht,* dans ELBEN; *loc. cit.*

3° Type des acéphales : GERGENS, *Anatomische Beschreibung einer merkwürdigen Acephalus.* Giessen, 1830. — Al. MOREAU, *Description d'un fœtus acéphale;* dans les *Bulletins de la Société d'Anatomie,* 2e série, t. V.

Il y avait également absence complète de la gouttière cérébro-spinale dans toute l'étendue du tronc d'un paracéphale. Elle s'était seulement constituée dans la tête rudimentaire. — LUTON, *Description d'un fœtus monstrueux paracéphalien omphalosite unitaire né à l'hôpital Saint-Louis;* dans les *Mémoires de la Société de Biologie,* 2e sér., t. I, p. 315. 1854.

De semblables faits ont été constatés dans les sujets parasites des hétéradelphes et des hétéromorphes qui sont absolument comparables aux monstres omphalosites.

J'avais dressé cette liste pour ma première édition. J'ai pensé qu'il n'était pas nécessaire de rechercher les faits de ce genre qui ont pu être publiés depuis quatorze ans.

maux. Assurément ces êtres ne sont pas viables, et ils ne doivent, dans certains cas, la prolongation de leur existence qu'à une condition qui leur est tout à fait étrangère, celle de la gémellité. Mais il n'en est pas moins remarquable que le caractère *dominateur* de l'embranchement des vertébrés fasse ici complètement défaut. Je signale ce fait aux naturalistes philosophes qui ne se contentent pas d'effleurer les questions, mais qui veulent aller au fond des choses.

Depuis la publication du *Traité de Tératologie*, on a ajouté à l'ordre des omphalosites deux types tératologiques nouveaux : la céphalidie et l'hétéroïdie.

Dans la céphalidie, l'embryon est généralement réduit à la tête. On a déjà vu que Rudolphi et J. Müller ont décrit de semblables monstres qui s'étaient produits dans l'espèce humaine, et qui adhéraient au placenta d'un embryon bien conformé. J'ai eu l'occasion d'en observer plusieurs dans l'espèce de la poule. Une tête frappée d'arrêt de développement, et présentant tantôt les caractères de la cyclopie, tantôt ceux de l'otocéphalie, s'était produite dans l'aire transparente. Il y avait parfois au-dessous de la tête un cœur rudimentaire, plus ou moins bifide. Il m'a semblé voir quelquefois ce cœur placé au-dessus de la tête, et réalisant ainsi, dans une certaine mesure, le type des omphalocéphales[1].

Le mode de formation de ces embryons réduits à une extrémité céphalique ne peut se comprendre que si l'on admet, comme j'ai cru devoir le faire, l'apparition d'une couche mésodermique, d'un disque embryonnaire, antérieurement à la formation de la bandelette primitive. La partie antérieure de cette lame mésodermique se développe seule et forme alors une apophyse céphalique qui évolue sans que le reste du corps embryonnaire la suive dans son évolution. Ces embryons réduits à une tête périssent de très bonne heure si leur existence n'est prolongée par leur union médiate ou immédiate avec un embryon jumeau bien conformé.

Quant au type de l'hétéroïdie, il s'explique toujours d'après les mêmes principes, si l'on admet que le corps embryonnaire qui fait suite à la tête donne naissance à un appareil vasculaire comparable

[1] C'est très probablement un cas de Céphalidie, qui a été décrit par R. Blanchard, sur un embryon humain qui s'était développé isolément sur un blastoderme unique. R. BLANCHARD, *Ein Fall vom abortiven Bluthofer* (*Panum*) *beim Menschen;* dans les *Mittheilungen aus dem Embryologische Institute* (Schenck), Vienne 1877. T. I, pl. XV.

à celui que j'ai signalé dans les monstres ornithologiques que j'ai cru pouvoir comparer aux anides. Supposons un monstre anidien présentant à la partie antérieure une tête rudimentaire, et à la partie postérieure une queue rudimentaire : l'on aura un monstre hétéroïde. Or cela n'est pas une simple vue de l'esprit. J'ai observé des monstres chez lesquels la tête s'était formée bien qu'arrêtée dans son développement, tandis que la gouttière médullaire était incomplète et que ses bords formés par les lames dorsales ne s'étaient pas segmentés pour produire les protovertèbres. J'ai rencontré plusieurs fois des faits de ce genre qui accompagnaient la cyclopie.

Telles sont, d'une manière très générale, les principales conditions de la formation des monstres omphalosites. Il n'est pas possible d'aller plus loin, car par suite de l'indépendance de l'évolution, non seulement des diverses régions du corps, mais encore de chaque organe en particulier, la variabilité des types de ces monstres est tellement grande qu'elle échappe à toute tentative de caractérisation précise.

Un dernier fait que je dois ajouter à cette histoire de la formation des omphalosites, c'est que les membres sont presque toujours frappés d'anomalies, telles que les déviations, les ectromélies et les symélies. Is. Geoffroy Saint-Hilaire avait déjà signalé la fréquence très grande du pied bot dans ces monstres[1]. On a également signalé chez eux cet état particulier du système musculaire que je considère comme un état embryonnaire, tandis que les anciens tératologistes y voyaient une métamorphose régressive[2]. Du reste, ces faits, que je dois mentionner, me paraissent complètement indépendants de l'omphalositie et résulter de la cause qui produit la plupart des monstruosités simples, c'est-à-dire d'une compression exercée par l'amnios plus ou moins arrêté dans son développement.

§ 6.

Je n'insisterai pas ici sur le défaut de viabilité de semblables êtres. Il est bien clair que ces monstres n'ont pas en eux-mêmes les conditions anatomiques et physiologiques qui seraient compatibles avec la vie indépendante. Ce sont des parasites dans toute l'acception du mot,

[1] Is. Geoffroy Saint-Hilaire. *Traité de Tératologie*, t. II, p. 501. Le pied bot le plus commun dans les acéphales est le *varus*. Or le varus résulte, comme je l'ai dit (p. 332), d'un arrêt de développement.

[2] Voir p. 334.



puisqu'ils ne vivent et ne se développent qu'en vertu de la gémellité et aux dépens d'une organisation jumelle. Ils périssent fatalement lorsqu'ils s'en détachent, comme cela arrive chez les mammifères et chez l'homme. Ils vivent indéfiniment lorsqu'ils restent attachés à l'embryon bien conformé, comme cela arrive chez les oiseaux.

La vie des omphalosites dépend donc entièrement de la vie d'un embryon jumeau. Comme je l'ai dit déjà, on pourrait les appeler des monstres *Adelphosites* s'il y avait un avantage réel à changer une dénomination consacrée par l'usage.

CHAPITRE IX

DÉTERMINATION DU MODE D'UNION DANS LES DIFFÉRENTS TYPES DE LA MONSTRUOSITÉ DOUBLE.

SOMMAIRE : 1° Considérations générales. — 2° Union latérale dans les monstres Monosomiens et Sysomiens. — 3° Union antérieure dans les monstres Sycéphaliens. — 4° Union postérieure dans les Ischiopages. — 5° Union bilatérale dans les monstres Monomphaliens. — 6° Union superficielle par les têtes dans les monstres Céphalopages et Métopages. — 7° Union dans les monstres doubles parasitaires. — 8° Unité de l'ombilic dans la plupart des types de la monstruosité double.

§ 1.

Après avoir exposé les conditions générales de la formation de la monstruosité double, il me reste à faire connaître la genèse de chacun des types spéciaux sous lesquels elle se manifeste, ou, en d'autres termes, à montrer comment s'effectue dans chacun d'eux l'union des sujets composants.

On a vu que cette union ne peut avoir lieu que pendant la première période de la vie, lorsque le corps de l'embryon n'est encore constitué que par des éléments cellulaires homogènes. C'est là, je l'ai dit souvent, la loi générale de la tératogénie. Les organes des monstres doubles, comme ceux des monstres triples, apparaissent d'emblée, avec tous leurs caractères, dans des blastèmes préalablement modifiés par la cause tératogénique.

On a vu également, par les observations de Lereboullet et de Rauber, que la situation réciproque des embryons doubles ou triples, produits sur un blastoderme unique, est telle qu'ils s'opposent les uns aux autres par les régions homologues de leur corps, et que, par conséquent, lorsqu'ils sont suffisamment rapprochés, les parties similaires en contact s'unissent et se fusionnent plus ou moins complètement.

Il faut encore mentionner ici un fait découvert et figuré par Allen Thomson [1]. Cet embryogéniste est le seul, jusqu'à présent, qui ait vu

[1] ALLEN THOMSON, *loc. cit*, fig. 1 et 2.

deux bandelettes embryonnaires sur le blastoderme d'un œuf de poule. Or ces bandelettes présentaient une disposition remarquable : elles étaient curvilignes et se faisaient face par leur convexité. Cette incurvation des bandelettes embryonnaires, lorsqu'elles sont doubles, est-elle générale, ou ne se produit-elle que dans des cas particuliers? Pour ma part, je suis tout disposé à croire que ce fait est au moins très fréquent, et qu'il joue un rôle important dans la formation de certains types de la monstruosité double. J'ai d'ailleurs rencontré assez souvent cette incurvation de la bandelette embryonnaire lorsqu'elle existait seule sur le blastoderme. J'ignore complètement quelle en est la signification.

Il serait possible, à la rigueur, en partant de ces notions et en les combinant entre elles, d'établir d'une manière théorique la genèse de presque tous les types de la monstruosité double. Mais nous pouvons actuellement, au moins dans un assez grand nombre de cas, faire intervenir les données de l'observation directe. Lereboullet, mettant à profit la transparence de l'enveloppe des œufs de brochet, a suivi pendant plusieurs jours la formation de certains de ces monstres et observé les phases successives de leur union. Ce travail de Lereboullet a donc, en tératogénie, une très grande importance. Malheureusement les types de la monstruosité double chez les poissons sont très peu diversifiés, et par conséquent les études tératogéniques faites sur les embryons de cette classe n'auront jamais qu'une portée restreinte[1]. Les embryons d'oiseaux que l'on ne peut étudier qu'en brisant la coquille, et, par conséquent, qu'à un moment précis de leur existence, sont, à ce point de vue, bien inférieurs aux embryons de poissons. Mais ils ont sur eux un grand avantage ; c'est qu'ils peuvent présenter tous les types connus de la monstruosité double. Les faits nombreux de monstruosités doubles que j'ai rencontrés dans mes expériences, et ceux que j'ai recueillis dans les mémoires des embryogé-

Fig. 55.



Reproduction de la figure donnée par Allen Thomson.

[1] Voir page 443.

nistes, m'ont donc permis de réunir de très précieux documents, qui sont les éléments d'un des chapitres les plus intéressants de la tératogénie.

Assurément, nous ne sommes pas encore en mesure de répondre d'une manière catégorique à toutes les questions que soulève la genèse des différents types de la monstruosité double. Il y a encore bien des faits qui nous manquent. Nous pouvons cependant combler en partie ces lacunes, en déduisant l'inconnu de ses relations nécessaires avec les choses connues. C'est là l'œuvre quotidienne des sciences; elles suppléent, dans bien des cas, à l'absence des observations, en créant des notions hypothétiques provisoires, jusqu'au jour où des découvertes nouvelles et souvent imprévues viennent en donner la confirmation.

Dans l'exposé de la genèse des différents types de la monstruosité double, je suivrai la marche que j'ai déjà suivie dans l'étude des divers types de la monstruosité simple, c'est-à-dire que je commencerai par ceux dont la formation est la plus précoce, pour arriver à ceux dont la formation est la plus tardive. De plus, je ne ferai pas de distinction entre les monstres doubles autositaires et les monstres doubles parasitaires; car bien que ces derniers monstres se distinguent très nettement des autres par l'inégalité plus ou moins grande des deux sujets composants, et par les arrêts de développement du sujet parasite, chacun des types qui appartiennent à l'ordre des monstres parasitaires doit correspondre à chacun des types de l'ordre des monstres autositaires, et présenter, par conséquent, le même mode d'union. Cette notion est encore en partie théorique; il est probable que les progrès de la tératogénie en donneront la démonstration complète.

§ 2.

De tous les modes d'union des corps embryonnaires dans la monstruosité double, le plus précoce est l'union latérale.

Les monstres doubles par union latérale sont généralement doubles antérieurement, simples postérieurement. Dans ces conditions, ils appartiennent aux deux familles des monstres monosomiens et sysomiens. Dans les monstres monosomiens le tronc, complètement simple, porte deux têtes distinctes ou soudées ; dans les monstres sysomiens, le tronc, terminé par deux têtes distinctes, est plus ou moins complètement double.

Dans d'autres cas, qui sont extrêmement rares, la partie anté-

rieure du corps est simple, tandis que la partie postérieure est double. Tels sont les Thoradelphes et les Iléadelphes.

La vue de ces monstres donne tout d'abord l'idée d'une bifurcation plutôt que d'une fusion. Comme ils sont d'ailleurs relativement fréquents dans certaines classes, on comprend comment la théorie de la fissiparité a réuni de nombreux adeptes parmi les tératologistes.

Ces monstres sont assez rares chez les oiseaux. Je n'en ai rencontré qu'un très petit nombre dans mes recherches[1]. Ils étaient d'ailleurs complètement formés et n'ont pu me donner presqu'aucun renseignement sur leur genèse.

Heureusement nous pouvons suppléer à l'insuffisance de la tératogénie des oiseaux par les éléments que fournit la tératogénie des poissons. Lereboullet, dans ses belles recherches[2], a pu, pendant plusieurs jours, suivre pas à pas l'union latérale des corps ou des têtes des embryons et voir qu'elle se produit dans deux conditions différentes.

Tantôt deux corps embryonnaires, complètement distincts et réunis seulement par leurs extrémités postérieures, se rapprochaient peu à peu d'arrière en avant et se fusionnaient l'un avec l'autre. La fusion des deux corps se manifestait à l'extérieur de la manière suivante. Chaque corps embryonnaire possédait, comme dans l'état normal, deux séries de protovertèbres. Or, à un certain moment, la série gauche des protovertèbres de l'embryon droit s'unissait avec la série droite des protovertèbres de l'embryon gauche[3] ; de telle sorte que chaque protovertèbre de l'un, en s'unissant à chaque protovertèbre de l'autre, formait une lamelle intermédiaire unique. Ces lamelles intermédiaires diminuaient peu à peu de volume, d'arrière en avant, puis finissaient par disparaître. L'union se produisait ainsi dans une partie plus ou moins considérable du tronc, et parfois même dans le tronc tout entier. Toutefois, malgré son unité apparente, la dualité était encore indiquée par l'existence de deux cordes dorsales. Les monstres ainsi formés sont évidemment comparables aux Psodymes et aux Dérodymes de la famille des Sysomiens. Il y a d'ailleurs un fait très remarquable dans ce mode d'union : c'est la disparition de certaines parties. On voit, en effet, les deux séries internes de protovertèbres se rapprocher l'une de l'autre,

[1] Voir dans l'Atlas, pl. XV, fig. 5 et 6; pl. XVI, fig. 5 et 6.

[2] Lereboullet, *loc. cit. passim.*

[3] Ici, comme partout ailleurs dans mon livre, ces termes de droite et de gauche s'appliquent aux embryons vus par les faces dorsales.

s'unir d'avant en arrière, puis enfin disparaître. Cela explique un fait tératologique assez fréquent dans les monstres doubles : la disparition plus ou moins complète de parties situées sur le plan d'union. On comprend du reste, et Lereboullet a insisté sur ce fait, que cette disparition ne se produit et ne peut se produire que là où les éléments des tissus sont encore dans leur état embryonnaire. Lorsque l'évolution a été plus complète et que les éléments définitifs des tissus se sont constitués, rien de pareil ne peut plus avoir lieu : ni résorption de certains éléments, ni soudure de ceux qui ont persisté.

Tantôt l'union des deux corps embryonnaires était primitive, bien qu'avec séparation des cordes dorsales ; mais les têtes étaient séparées. Par les progrès du développement, les têtes s'unissaient de plus en plus, de manière à ne former qu'une tête unique, mais conservant toujours quelques traces de la dualité primitive. Ce groupe correspond évidemment aux monstres monosomiens.

Ces observations de Lereboullet ne peuvent laisser aucun doute sur le rôle de l'union latérale dans la formation des monstres doubles sysomiens et monosomiens. Malheureusement elles sont incomplètes et nous laissent ignorer certains détails dont la connaissance aurait eu une grande importance. C'est ainsi que, dans tous les faits qu'il a décrits et figurés, les protovertèbres existaient déjà en plus ou moins grand nombre. Or l'union n'a-t-elle commencé à se faire qu'après la production des protovertèbres, ou bien a-t-elle débuté dans la période embryonnaire antérieure? Pour ma part, je suis très disposé à penser que l'union des corps embryonnaires a précédé l'apparition des protovertèbres.

Je crois, en effet, que l'union latérale chez les vertébrés supérieurs est toujours très précoce, bien qu'elle se produise à des époques différentes de la vie embryonnaire, et qu'elle commence dans la période où l'embryon n'est encore représenté que par la bandelette embryonnaire, ou parfois même dans une période encore plus précoce et antérieurement à l'apparition de la bandelette embryonnaire.

Reportons-nous à la figure donnée par Allen Thomson.

On voit, par son examen, que si les bandelettes sont très rapprochées, elles ne pourront s'accroître et grandir sans que certaines parties de leur convexité ne viennent au contact. Alors elles s'unissent nécessairement, soit dans la région antérieure, soit dans la région moyenne, soit dans la région postérieure.

Cette union des bandelettes sera elle-même le point de départ de

l'union des parties qui les remplacent ou qui les prolongent en avant. Rappelons-nous que la bandelette est peu à peu remplacée par le corps même de l'embryon qui commence à se développer en avant d'elle, en formant ce que l'on appelle l'*apophyse céphalique* (*Kopffortstaz*), puis qui se substitue à elle d'avant en arrière avec la régression de la gouttière primitive[1]. Or il résulte de la courbure des bandelettes embryonnaires que, si leurs extrémités antérieures divergent et s'écartent l'une de l'autre, il se formera deux têtes distinctes, et aussi deux corps plus ou moins complètement distincts, tandis que leurs extrémités postérieures s'uniront entre elles pour former une extrémité postérieure unique. C'est là le cas le plus général. Mais dans d'autres cas, la courbure des bandelettes aura pour résultat de rapprocher les extrémités céphaliques et d'éloigner les extrémités caudales. Alors la partie antérieure des troncs et les têtes s'uniront plus ou moins complètement pour former un tronc et une tête unique, tandis que les parties postérieures du corps s'écarteront en divergeant et formeront deux corps distincts. On peut même concevoir une courbure des deux bandelettes tellement disposée que l'unité occuperait la région moyenne, tandis que la dualité existerait à la région antérieure et à la région postérieure.

Certainement, dans tout ce que je viens de dire, il n'y a guère que des conjectures. Je dois mentionner cependant un fait très curieux que j'ai eu occasion d'observer : l'existence de trois séries de protovertèbres sur un embryon à deux têtes qui était très probablement un atlodyme en voie de formation[2]. Or, d'après les observations de Lereboullet, l'existence de trois séries de protovertèbres indique nécessairement la soudure de deux corps embryonnaires primitivement distincts.

Les considérations dans lesquelles je viens d'entrer sont applicables à la formation d'un certain nombre de types de la monstruosité double.

Ainsi, dans beaucoup de cas de dérodymie, le corps, simple en apparence, possède deux colonnes vertébrales complètement distinctes l'une de l'autre. Ici évidemment l'union s'est faite par les lames latérales.

Dans d'autres types, les colonnes vertébrales des deux sujets composants sont unies dans une partie plus ou moins considérable de leur

[1] Voir page 391.
[2] Voir dans l'Atlas, pl. XVI, fig. 5 et 6.

étendue. Ainsi la colonne vertébrale est unique dans la région sacrée des pygopages et de certains dérodymes; dans la région sacrée et la région lombaire des psodymes; dans la région lombaire et la moitié inférieure de la région dorsale des rachipages[1]. La soudure des deux embryons se produit alors d'arrière en avant. Il y a d'autres types monstrueux, chez lesquels la soudure doit s'opérer en sens inverse, c'est-à-dire d'avant en arrière. Tels sont les thoradelphes, type excessivement rare, caractérisé par l'existence d'une tête et d'une poitrine unique, précédant deux trains de derrière complètement distincts.

Tous ces faits, quelque variés qu'ils soient, résultent de l'union partielle et de la soudure de deux bandelettes embryonnaires primitivement distinctes. Or j'ai tout lieu de croire qu'il y a des cas où la bandelette embryonnaire est simple dès son origine, mais formée par des éléments, plus ou moins confondus, provenant de deux foyers de formation embryonnaire. Tels sont les monstres monosomiens dont le corps simple est terminé par deux têtes distinctes ou plus ou moins soudées. Tels sont aussi les iléadelphes, à tête et corps unique, mais qui sont terminés par un double bassin et deux trains de derrière.

Il semblerait plus simple, tout d'abord, d'expliquer la genèse de ces derniers types monstrueux par la bifurcation, plutôt que de faire intervenir une fusion primitive de deux corps embryonnaires. Mais l'hypothèse de la bifurcation n'explique pas certains faits. Si elle était vraie, la partie simple de l'embryon serait simple d'une manière complète, et la dualité n'apparaîtrait que dans la partie bifurquée. Or, c'est du moins ce qui n'a pas lieu dans beaucoup de cas. Quand on soumet à l'analyse anatomique un monstre ainsi constitué, on voit que la partie simple de l'embryon présente souvent des traces manifestes de dualité. C'est ainsi que, dans certains pygomèles, j'ai constaté l'existence de trois cœcums au lieu de deux, et je me suis souvent demandé si ce fait ne serait pas constant chez les êtres affectés de cette monstruosité. Je puis d'ailleurs citer un fait beaucoup plus curieux encore. Dans un cas d'iléadelphie que j'ai décrit, il y a quarante ans, et qui m'a fourni le sujet de mon premier mémoire sur la

[1] La rachipagie est un type tératologique créé par Deslongchamps en 1852 et, par conséquent, longtemps après la publication du *Traité de Tératologie*. Deslongchamps, *Mémoire sur un monstre double monomphalien constituant un genre nouveau désigné sous le nom de* **rachipage**; dans les *Mémoires de la Soc. de Biologie*, 1re série, t. III, p. 221, 1851.

tératologie[1], j'ai rencontré une petite tête rudimentaire, placée à côté de la mâchoire inférieure du monstre. L'existence de ces parties surnuméraires ne peut s'expliquer pour moi que par la fusion primitive et complète de deux foyers de formation embryonnaire, et par la réapparition, dans certains cas, d'éléments qui disparaissent ordinairement parce qu'ils sont fondus dans l'organisation totale.

Sans doute, on éprouve quelque peine à concevoir comment, lorsque deux corps embryonnaires se sont complètement fondus ensemble pour arriver à l'unité dans des régions plus ou moins étendues, quelques parties, en plus ou moins grand nombre, pourraient reparaître et reproduire partiellement la dualité primitive. Mais cette apparition de parties doubles est absolument incompréhensible dans la théorie de l'unité. C'est pour moi l'un des arguments les plus puissants en faveur de l'opinion que j'ai toujours soutenue de la formation des monstres doubles par la fusion des éléments de deux êtres.

§ 3.

Les monstres de la famille des Sycéphaliens, c'est-à-dire les Janiceps, Iniopes et Synotes, et ceux qui appartiennent au type des Déradelphes possèdent l'organisation la plus complexe que l'on puisse imaginer: car, dans aucun autre type de monstruosité double, la fusion des deux sujets composants n'est aussi complète. Il eut été bien difficile de deviner leur mode d'union. J'y suis parvenu par l'observation directe: car les embryons monstrueux qui se rattachent à ces types se sont rencontrés d'une manière relativement fréquente dans mes expériences[2]. Je les ai étudiés dans les diverses phases de leur évolution, et je puis dire qu'aucune partie de la tératogénie n'est actuellement mieux établie. C'est assurément l'un des résultats les plus importants de mes recherches.

Je ne puis faire connaître le mode de formation de ces monstres sans donner préalablement quelques détails sur leur organisation, presque entièrement méconnue avant mes travaux.

Comme les monstres Sycéphaliens, c'est-à-dire les monstres doubles à double poitrine et à têtes réunies, ressemblent beaucoup extérieurement aux monstres doubles à double poitrine et à têtes séparées qui appar-

[1] DARESTE. *Mémoire sur un monstre iléadelphe à tête monstrueuse*: dans les *Ann. des Sciences nat. zool.* 3e série, t. II, p. 1852.

[2] Voir, dans l'Atlas, les pl. XV, fig. 2 et 4, et XVI, fig. 1, 2, 3 et 4.



tiennent à la famille des monstres Monomphaliens, on n'a pas vu que leur organisation est toute différente et que, par conséquent, leur mode de formation devait être tout autre.

En réalité, les uns et les autres n'ont qu'un caractère commun, résultant de la constitution des parois des doubles poitrines qu'Is. Geoffroy Saint-Hilaire a bien fait connaître.

Les parois thoraciques osseuses présentent deux colonnes vertébrales, deux sternums et quatre séries de côtes. Des deux colonnes vertébrales partent, comme dans l'état normal, deux séries de côtes, et ces côtes viennent aboutir à deux sternums situés sur le plan d'union des sujets composants. Il résulte de cet arrangement que tandis que les colonnes vertébrales appartiennent exclusivement à chacun des sujets, les sternums, au contraire, appartiennent par moitié à chacun d'eux. On peut se représenter ces faits en supposant que les sternums de chaque sujet auraient été divisés dans leur longueur, et que chaque demi-sternum ainsi produit se serait soudé sur le plan d'union avec chaque demi-sternum appartenant à l'autre sujet [1].

Cette constitution des parois thoraciques osseuses est exactement la même dans les deux familles. Mais c'est leur seul caractère commun.

Dans les monstres doubles à double poitrine et à têtes séparées, tous les organes contenus dans la cavité thoracique appartiennent isolément à chacun des sujets composants; dans certains cas seulement, quelques-uns d'entre eux s'unissent, sur le plan d'union, de l'un à l'autre sujet. Au contraire, dans les monstres Sycéphaliens, tous les organes situés sur le plan d'union appartiennent par moitié à chacun des sujets composants. En partant de cette notion, l'organisation de ces monstres, en apparence si incompréhensible, s'explique avec la plus grande facilité.

Il n'y a, chez les Sycéphaliens, qu'un œsophage occupant l'axe central de la double cavité thoracique.

Cet œsophage est suivi d'un estomac unique, puis d'un intestin grêle unique qui se bifurque seulement dans sa partie inférieure et même, dans certains cas, au point d'origine des cœcums. Des deux côtés de

[1] Is. Geoffroy Saint-Hilaire est le premier qui ait bien fait connaître cette organisation des doubles poitrines comme celle de tous les organes situés sur le plan d'union et appartenant par moitié à chaque sujet composant, tels que les doubles faces des sycéphaliens et les doubles bassins des ischiopages. Voir le *Traité de Tératologie*, t. III, p. 95.

l'œsophage on trouve une trachée artère placée dans la région cervicale au-dessus de chacun des sternums, et faisant suite à un larynx qui vient s'ouvrir dans le pharynx commun. Ces deux larynx et ces deux trachées artères appartiennent par moitié à chacun des sujets composants[1].

Tandis que l'appareil digestif est simple dans toute la région sus-ombilicale, l'appareil circulatoire est, au contraire, complètement double. Il existe deux cœurs situés tous les deux sur le plan d'union, immédiatement derrière les sternums[2]. Ces cœurs semblent, au premier abord, constitués comme les cœurs des êtres normaux et présentent généralement quatre cavités. Ils en diffèrent pourtant en ce que les deux moitiés de chaque cœur sont beaucoup plus semblables, et que la distinction entre le cœur aortique et le cœur pulmonaire est beaucoup moins marquée.

Dans certains monstres à double poitrine et à têtes séparées, comme les Thoracopages[3], on trouve aussi deux cœurs. Serres et Is. Geoffroy Saint-Hilaire, qui ont bien compris la nature des deux cœurs des Thoracopages, n'ont pas eu la pensée que les deux cœurs des Sycéphaliens sont tout différents. Ils diffèrent d'abord par leur position; car les cœurs des Sycéphaliens sont placés sur le plan d'union, tandis que ceux des Thoracopages sont placés des deux côtés de ce plan. Ils diffèrent ensuite par leur constitution, car les cœurs des Sycéphaliens ne sont pas divisés nettement en deux moitiés : une moitié aortique et une moitié pulmonaire.

L'étude que j'ai faite, il y a plus de trente ans, des cœurs d'un Synote m'avait conduit à penser que ces cœurs, comme les sternums derrière lesquels ils sont placés, devaient appartenir par moitié à

[1] Dans certains cas de monstruosités doubles, très rares, du reste, on a constaté l'absence du larynx et des trachées artères, les bronches de chaque côté prenant leur origine dans l'œsophage commun. Cette particularité singulière s'explique d'ailleurs très facilement, car la trachée artère et le larynx se produisent par un dédoublement des parois de l'œsophage.

[2] Quelquefois ces deux cœurs se réunissent et se fusionnent pour en former un seul. On en a cité deux cas chez les synotes. GEOFFROY SAINT-HILAIRE, *Considérations sur les monstruosités du genre synotus;* dans les *Ann. des Sc. nat.*, t. XIV, p. 406, 1827. — VILLETTE, *Sur le monstre de Vieux-Moulin;* dans le *Journal des Progrès et Institut. médic.*, t. VIII, p. 157. 1828.

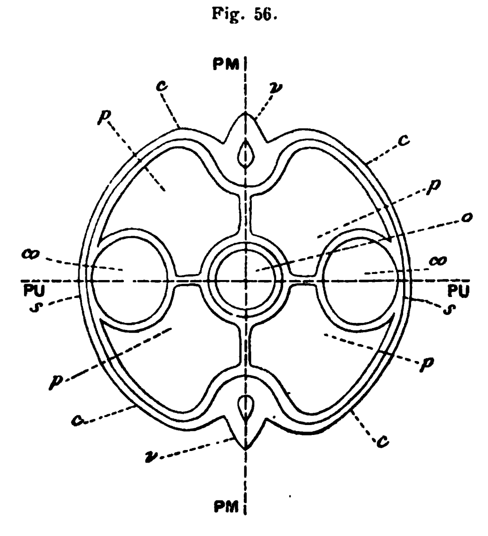
[3] J'emploie le terme de *thoracopages* pour désigner un certain nombre de monstres doubles qu'Is. Geoffroy Saint-Hilaire plaçait dans son genre *xiphopage*. Le genre xiphopage me paraît devoir être scindé en deux genres très différents par leur organisation : les xiphopages vrais et les thoracopages. Voir la note G à la fin de la 3ᵉ partie.



chacun des sujets composants. Mais il m'était alors impossible d'en donner la preuve, car le fait était absolument inexplicable avec les connaissances embryogéniques que l'on possédait alors. Je n'ai pu y parvenir que lorsque j'ai découvert les deux cœurs primitifs de l'embryon.

L'appareil vasculaire qui est en rapport avec ces cœurs diffère très notablement de l'appareil vasculaire des êtres normaux. Il n'est pas possible d'en donner une description générale, car la disposition varie suivant les types et même suivant les individus; elle n'est même

Fig. 56.



Coupe schématique d'un monstre Sycéphalien. PM, plan médian. PU, plan d'union. *v*, *v*, vertèbres. *c*, *c*, *c*, *c*, côtes. *s*, *s*, sternums. *o*, œsophage. *co*, *co*, cœurs. *p*, *p*, *p*, *p*, poumons.

pas la même d'un cœur à l'autre, par suite de ce fait qu'à l'exception des Janiceps, les deux poitrines des monstres Sycéphaliens sont plus ou moins inégales, ainsi que les organes qu'elles contiennent. Mais cet appareil vasculaire présente une condition très générale : c'est qu'il se rapproche beaucoup plus de l'état embryonnaire que celui des êtres normaux. Cela résulte d'abord de la permanence de certains vaisseaux qui n'ont, dans l'état normal, qu'une existence transitoire, et ensuite de l'absence plus ou moins grande de différenciation entre les vaisseaux de la circulation pulmonaire et ceux de la circulation générale. La description de ces appareils vasculaires aurait assurément un grand intérêt, mais elle m'écarterait trop du sujet de ce

livre où je me propose uniquement d'établir les lois générales de la tératogénie. Je dois la réserver pour une autre publication.

La fusion des deux sujets composants est aussi complète dans la région cervicale et dans la région céphalique.

Les deux colonnes vertébrales remontent le long du cou et viennent toutes les deux aboutir à un crâne unique. Aux deux côtés de la tête existent deux faces, absolument semblables à celles de l'état normal, mais qui, comme les cœurs et les parois costo-sternales, appartiennent par moitié à chacun des sujets composants. Dans un certain nombre de cas, les deux faces sont égales, et la tête reproduit très exactement la disposition de celle du Janus de la Fable. Tel est le type que l'on désigne sous le nom de *Janiceps*. Dans d'autres cas, et ce sont les plus nombreux, les deux faces sont inégales, et cette inégalité amène, sur la petite face, tantôt la fusion des yeux, tantôt l'absence des yeux et la fusion des oreilles. La petite face reproduit plus ou moins complètement, dans le premier cas, l'organisation de la cyclopie ; dans le second, celle de l'otocéphalie. On donne aux monstres Sycéphaliens cyclopes le nom d'*Iniopes;* aux monstres Sycéphaliens otocéphales le nom de *Synotes*. Enfin il est des cas où la petite face fait complètement défaut, et où il ne reste qu'une seule face, mais qui appartient par moitié à chaque sujet. On donne à ces monstres le nom de *Déradelphes*.

La disposition de l'encéphale varie suivant les types. Dans les Janiceps, les hémisphères existent pour chaque sujet et sont séparés par une cloison membraneuse. Dans les Iniopes, les hémisphères cérébraux sont unis ensemble. Dans les Synotes, cette union s'étend jusqu'aux lobes optiques ou tubercules quadrijumeaux. Dans les Déradelphes, elle s'étend probablement au cervelet.

Ce qui résulte de cette analyse de caractères des monstres Sycéphaliens, c'est que ces monstres possèdent, dans toute la région sus-ombilicale du corps, une dualité aussi complète que possible. Les colonnes vertébrales, les moelles épinières et une partie plus ou moins considérable de l'encéphale appartiennent exclusivement à chacun des sujets composants. Mais ce sont les seuls organes qui soient dans ce cas. Tous les autres, qu'ils soient simples ou doubles, appartiennent par moitié à chacun des sujets composants. C'est seulement dans la région sous-ombilicale que les deux corps se séparent l'un de l'autre et restent complètement distincts.

Il résulte de tous les détails dans lesquels je viens d'entrer que l'orga-



nisation des monstres Sycéphaliens est parfaitement régulière, beaucoup plus régulière que celle des êtres normaux. En effet, les organes de ces monstres ne sont pas seulement disposés symétriquement des deux côtés du plan d'union, comme cela a lieu dans tous les monstres doubles : ils sont encore disposés symétriquement des deux côtés d'un autre plan, perpendiculaire au premier, et formé par la réunion des plans médians de chacun des sujets composants[1]. Les Sycéphaliens ont donc deux plans de symétrie qui se coupent à angle droit. Il n'y a certainement pas de fait tératologique qui montre d'une manière plus nette le règne de la loi, là où pendant longtemps on n'avait vu que le désordre et l'absence de toute règle.

Il n'y a donc pas de type de la monstruosité double dans lequel la fusion des deux sujets composants soit plus complète et, par conséquent, dont le mode de formation semble plus difficile à comprendre. Et cependant il n'y en a pas dont l'explication soit plus simple aujourd'hui, car elle repose entièrement sur l'observation des faits. Les monstres sycéphaliens sont les monstres doubles que j'ai rencontrés le plus fréquemment dans mes expériences. J'ai donc pu, dès 1869, en comparant entre elles les différentes phases de cette monstruosité, faire connaître complètement sa genèse et répandre ainsi la lumière sur l'une des questions les plus obscures de la tératogénie[2].

Lorsque j'ai fait connaître, en 1866, le mode de formation du cœur par la coalescence de deux blastèmes primitivement distincts, j'ai montré qu'à un certain moment le mésoderme se termine par un bord à peu près rectiligne et présentant seulement, dans la région moyenne, une petite éminence, point de départ de l'extrémité céphalique. Or, supposons deux mésodermes situés, dans le blastoderme, de telle sorte qu'ils s'opposent par leurs bords antérieurs, et que leurs parties axiles

[1] Cela est absolument vrai pour les janiceps. Dans les autres types de cette famille, les deux plans médians de chacun des sujets composants ne se suivent pas en ligne droite, et s'inclinent l'un sur l'autre en formant un angle dièdre plus ou moins ouvert. Mais la symétrie n'en persiste pas moins. Seulement les organes placés des deux côtés de ce plan sont inégaux, ceux qui occupent l'intérieur de l'angle étant plus petits que ceux qui en occupent l'extérieur.

Is. Geoffroy Saint-Hilaire, qui a, le premier, fait connaître le mode d'union des sujets composants, désignait ces plans sous le nom d'*axes*. Il me semble que l'expression de *plans* est beaucoup plus exacte et fait mieux comprendre les arrangements que je viens d'exposer.

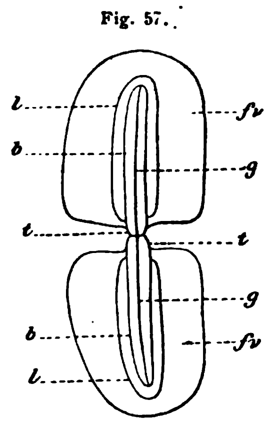
Je reviendrai sur ces questions dans le § 5 du présent chapitre.

[2] DARESTE. *Sur le mode de formation des monstres doubles à union antérieure ou à double poitrine.* Comptes rendus, t. LXIX, p. 722, 1869.

(gouttière médullaire, lames dorsales, corde dorsale) soient placées sur une même ligne droite, ou fassent les unes avec les autres un angle très obtus. Cherchons ce qui va se passer.

Par les progrès de l'évolution, les bords antérieurs de ces mésodermes se rapprocheront, viendront au contact, puis s'uniront l'un à l'autre dans toute leur étendue. Alors se constituera une organisation étrangement complexe. Les parties situées dans l'axe du corps, c'est-à-dire la gouttière médullaire, les lames dorsales, la corde dorsale, qui avaient toutes commencé à se former avant la soudure, et qui ne s'unissent que par leur extrémité antérieure, appartiennent évidemment à chacun des sujets. Mais toutes les parties qui ne se forment qu'après l'union, dans toute la région sus-ombilicale, appartiennent par moitié à chacun des sujets. Tous les organes de cette région sont donc doubles dès leur origine : ils *naissent soudés*, suivant une expression que j'ai souvent employée, expression qui peut paraître étrange, mais dont toutes mes études m'ont fait apprécier la justesse.

Fig. 57.



Position des deux embryons dans la formation d'un monstre Sycéphalien. *t, t*, têtes. *g, g*, gouttières médullaires. *b, b*, lames dorsales. *l, l*, lames latérales. *fv, fv*, feuillets vasculaires.

Quand on a suivi, comme je l'ai fait, l'évolution de ces monstres, on s'explique, de la manière la plus simple, la composition de leurs organes, parfaitement établie par Is. Geoffroy Saint-Hilaire, mais dont le mode de formation paraissait entièrement incompréhensible.

La partie qui se forme la première est une tête unique résultant de la fusion des deux éminences céphaliques. Lorsque les deux corps embryonnaires sont en ligne droite, chaque encéphale se constitue isolément et d'une manière à peu près complète. Mais lorsque les deux têtes ne sont pas en ligne droite et forment entre elles un angle plus ou moins obtus, les différentes parties des deux encéphales se confondent plus ou moins complètement les unes avec les autres.

A partir de ce moment rien n'est plus facile à comprendre que la formation de ces monstruosités. En effet, tous les organes de la région sus-ombilicale se produisent exactement de la même manière que ceux de l'état normal. Mais, par suite de la dualité de leur origine,

ils sont placés autrement et occupent les deux côtés du plan d'union.

Les vésicules encéphaliques antérieures de chaque sujet produisent latéralement deux yeux qui viennent se placer sur les deux faces de telle manière que chacune des faces possède deux yeux appartenant à chacun des sujets composants. Quand les deux faces sont inégales, les yeux de la petite face s'unissent entre eux pour former un œil unique. C'est ce qui arrive dans l'Iniopie. Quand l'inégalité est plus grande encore, la petite face peut être dépourvue d'yeux.

Au-dessous des yeux se produisent les deux parois du pharynx unique, cavité qui se forme au-dessous de la tête.

La formation de ce pharynx est exactement la même que celle du pharynx des êtres normaux, que j'ai décrite dans un chapitre précédent[1]. Je ferai seulement remarquer que la paroi de ce pharynx est double, et qu'au lieu de se constituer au-dessous de la tête, elle se produit des deux côtés de cette région; du reste, dans un cas comme dans l'autre, elle résulte du repli des deux feuillets primitifs du blastoderme, l'ectoderme et l'entoderme. En vertu même de leur mode de formation, chacune de ces parois appartient par moitié à chacun des sujets.

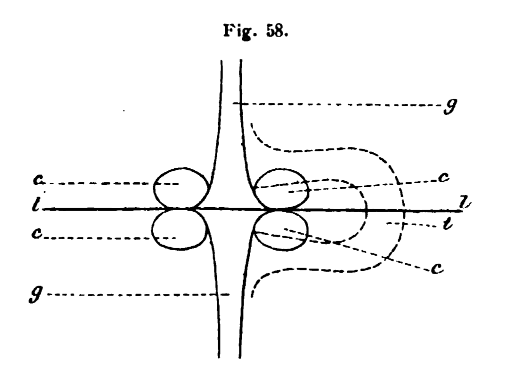
Plus tard, et toujours comme dans l'état normal, deux lames mésodermiques s'étendent entre les feuillets qui forment les doubles parois pharyngiennes. Ces lames donnent naissance à l'apophyse fronto-nasale et aux arcs branchiaux; elles sont ainsi le point de départ des deux faces. Lorsque les têtes s'unissent suivant une ligne droite, les deux faces sont égales; c'est le cas des Janiceps. Lorsqu'elles sont plus ou moins inclinées l'une sur l'autre en formant un angle, la face qui s'est constituée dans l'angle rentrant diminue avec l'ouverture de l'angle; c'est le cas des Iniopes et des Synotes. Elle disparaît complètement si les deux têtes se placent parallèlement l'une à l'autre; c'est le cas des Déradelphes.

La formation des cœurs par la soudure des blastèmes cardiaques appartenant aux deux sujets composants se produit également d'une manière très précoce. Elle résulte de la soudure des bords antérieurs des lames latérales. On a vu[2] que c'est en cet endroit que se produisent les deux blastèmes cardiaques, et qu'ils ne pénètrent que plus tard dans la chambre cardiaque résultant de l'écartement des deux

[1] Voir le chap. 1er, § 3, de la 3e partie.
[2] Voir page 273.

lames blastodermiques qui forment au début la paroi du pharynx. Or, dans les Sycéphaliens la soudure des bords antérieurs des lames latérales met en contact, des deux côtés de la tête unique, les blastèmes cardiaques appartenant à chacun des sujets composants ; ces blastèmes s'unissent l'un à l'autre et constituent deux anses cardiaques que j'ai vu battre pendant un temps plus ou moins long quand ces embryons étaient encore vivants. Lorsque les faces sont égales, les deux cœurs sont égaux ; lorsqu'elles sont inégales, le cœur placé du côté de la petite face ne se développe que d'une manière incomplète et présente des arrêts de développement. Telle est la genèse des cœurs doubles dans les monstres sycéphaliens ; elle s'explique, comme on le voit, de la manière la plus simple, puisqu'elle est la conséquence de la dualité primitive du cœur.

Fig. 58.



Formation des deux cœurs des monstres Sycéphaliens. *l*, ligne d'union. *c, c, c, c*, blastèmes cardiaques primitifs. *g, g*, gouttières abdominales.

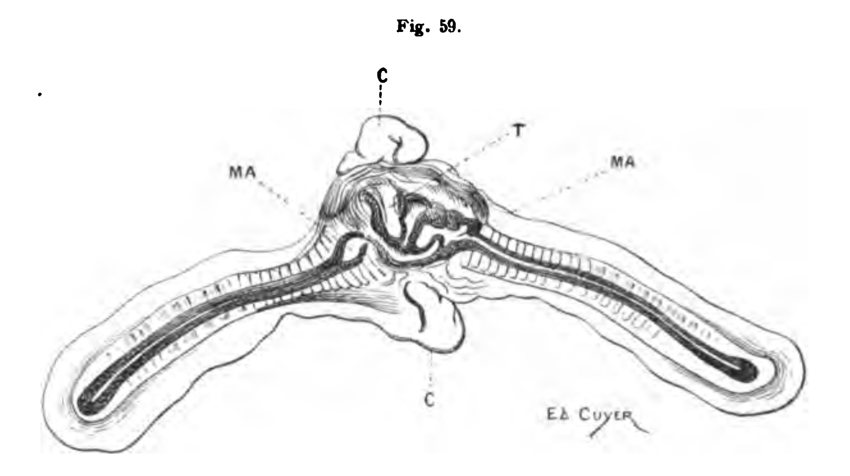
Je n'ai pas rencontré ces monstres à une période plus avancée de la vie embryonnaire, et, par conséquent, je n'ai pas vu la formation des parois du double thorax. Mais on peut très facilement s'en faire une idée par ce qui se passe dans l'état normal. Les parois thoraciques se constituent d'abord par le repli des somatopleures, et ensuite par la formation des éléments osseux (côtes et sternum) et musculaires qui proviennent de la colonne vertébrale. Les choses se passent exactement de la même manière dans les monstres qui nous occupent ici. Seulement l'union des lames latérales des deux sujets composants et par conséquent l'union des somatopleures, qui sont le feuillet extérieur de ces lames, constitue une paroi thoracique unique pour tous les deux. Plus tard cette cloison thoracique se complète par la formation des organes définitifs (os et muscles). Ces parties s'arrangent d'elles-mêmes, pendant leur formation, de manière à constituer les doubles poitrines que j'ai décrites antérieurement.

Un fait remarquable que j'ai rencontré plusieurs fois, et qui a été également figuré par Rauber, c'est que la tête commune, au lieu

de se soulever un peu au-dessus du blastoderme, pénètre parfois entre les lames latérales des deux sujets et vient ainsi faire hernie dans la cavité du jaune. Dans ce cas, le pharynx manque complètement. Cette disparition de la tête pourrait, au premier abord, sembler étrange. Mais elle n'a rien qui doive nous étonner, car c'est tout simplement un cas de cette monstruosité que j'ai découverte chez les embryons d'oiseaux et désignée sous le nom d'*Omphalocéphalie*. Dans ces conditions les chambres cardiaques ne se forment point et les deux cœurs sont à nu des deux côtés de la tête.

Ainsi, chez ces monstres, l'union commence par les extrémités

Fig. 59.



Monstre Sycéphalien omphalocéphale (d'après nature). T, tête. MA, MA, moelles allongées. C, C, cœurs.

céphaliques, puis elle se propage peu à peu par les lames latérales jusqu'à l'ombilic. Elle est donc, si l'on peut parler ainsi, bilatérale et antérieure.

Ces monstruosités sont relativement assez fréquentes dans l'espèce humaine et la classe des mammifères. Elles se rencontrent encore assez souvent chez les oiseaux, bien que, dans cette classe, elles n'atteignent qu'exceptionnellement l'époque de l'éclosion. Au contraire on ne les a jamais rencontrées chez les poissons. Est-ce un simple effet du hasard, ou bien la conséquence d'une condition particulière, encore inconnue, de l'évolution chez ces animaux? Je ne puis actuellement répondre à cette question.

§ 4.

Dans les monstres doubles dont je viens d'établir la genèse, l'union des sujets composants est sus-ombilicale; au-dessous de l'ombilic, les deux corps restent isolés.

Il y a des cas de monstruosité double dans lesquels l'union est, au contraire, sous-ombilicale, où, par conséquent, les têtes et les troncs sont complètement séparés jusqu'à l'ombilic. Les monstres doubles ainsi conformés appartiennent au type des Ischiopages.

Dans l'ischiopagie, le bassin est double, comme la poitrine dans les monstres précédents, et il est constitué de la même façon.

De chaque colonne vertébrale partent à droite et à gauche deux demi-bassins qui, au lieu de s'unir l'un à l'autre sur le plan médian, s'unissent, sur le plan d'union, aux deux demi-bassins émis par l'autre colonne vertébrale. Il en résulte que les symphyses pubiennes sont formées par l'union de pubis appartenant à chacun des sujets composants. Cette dualité des éléments du bassin se retrouve dans les organes qui remplissent cette cavité, c'est-à-dire dans les organes génitaux externes et les vessies urinaires.

Le mode d'union des deux sujets composants est, au premier abord, assez difficile à comprendre. Evidemment l'union se fait par les parties postérieures du corps. Mais comment peut-on la concilier avec la disposition radiaire des embryons, sur laquelle Rauber a tant insisté dans ces derniers temps, si les extrémités céphaliques vont en convergeant l'une vers l'autre, tandis que les extrémités caudales iraient en divergeant? Il m'eut été impossible de répondre à cette question si je n'avais eu l'occasion d'observer un ischiopage en voie de formation. J'ai vu, en effet, que l'union des deux corps résulte de la disposition curviligne des deux bandelettes embryonnaires qui, dans ce cas, se font face par leur concavité. Cette disposition fait que les extrémités postérieures des bandelettes se rapprochent et s'unissent l'une à l'autre.

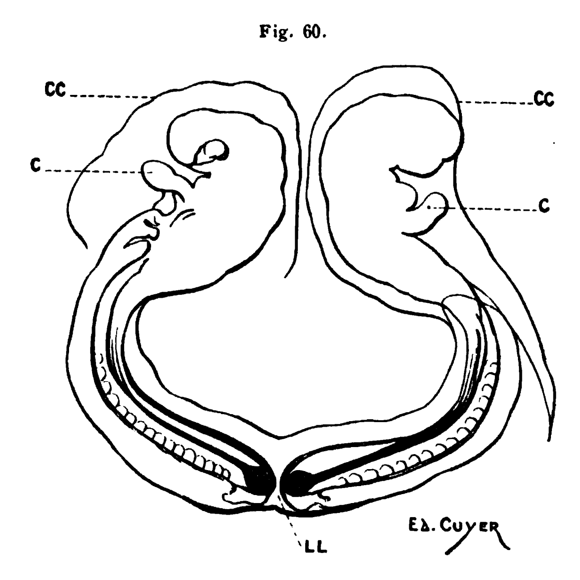
Dans ce cas, l'union se faisait par la jonction de la partie des lames latérales qui dépasse en arrière la partie axile du mésoderme[1], tandis que les parties axiles restaient complètement séparées. La séparation de ces parties axiles explique la séparation des colonnes vertébrales chez

[1] Voir page 265.

les ischiopages[1]. Au contraire la soudure des lames latérales entraîne la formation des doubles bassins, puis celle des deux vessies urinaires et des deux appareils génitaux externes, toutes parties formées par la jonction, sur le plan d'union, d'éléments appartenant par moitié à chacun des sujets.

A la suite des ischiopages viennent quelques autres types de la monstruosité double beaucoup plus rares et, pour ce motif, encore

Fig. 60.



Ischiopage en voie de formation. Cette figure est très insuffisante par suite du mauvais état de la pièce ; l'embryon était mort et en partie décomposé lorsque j'en ai fait l'étude. Je ne l'aurais pas fait dessiner si la pièce, actuellement unique, ne montrait bien l'union des bords postérieurs des lames latérales. On peut voir que l'embryon gauche est inverse. CC, CC, capuchons céphaliques. C, C, cœurs. LL, lames latérales soudées.

mal connus. Ce sont les monstres qu'Is. Geoffroy Saint-Hilaire a désignés sous les noms d'*Hétérotype* et d'*Hétéromorphe*. Ces monstres ressemblent en apparence aux ischiopages, mais ils en diffèrent beaucoup en réalité et doivent avoir un mode de formation différent[2].

Dans les véritables ischiopages les colonnes vertébrales sont complètement séparées l'une de l'autre dans toute leur étendue. Dans les monstres que j'étudie actuellement, les deux colonnes vertébrales

[1] Elles peuvent être, mais très rarement, soudées par l'extrémité des coccyx. Lancereaux a figuré un cas de ce genre. *Traité d'An. pathol.*, t. I, p. 85, fig. 17.

[2] Dareste. *Mémoire sur un poulet monstrueux appartenant au genre hétéromorphe;* dans les *Mémoires de la Soc. de Biologie*, 3e série, t. IV, p. 262. 1862.

s'unissent à un certain moment de manière à former une organisation très étrange, et qu'il est assez difficile de faire comprendre sans figures; mais je ne possède aucun dessin qui puisse me servir dans ce but. Supposons deux embryons placés exactement comme les sujets composants d'un ischiopage. Il peut se faire que les colonnes vertébrales, au lieu de rester séparées à leurs extrémités postérieures, s'unissent l'une à l'autre dans la région sacrée ou même dans la région lombaire. Alors du point d'union de ces deux colonnes vertébrales partiront à angle droit les extrémités postérieures des deux colonnes, comprenant tantôt les vertèbres sacrées seulement, et tantôt les vertèbres sacrées avec un nombre plus ou moins grand de vertèbres lombaires. Ainsi se formeront sur le plan d'union deux croupes plus ou moins allongées, portant des membres pelviens et contenant chacune un rectum terminé par un anus [1]. Dans un de ces monstres, décrit et figuré par Maunoir, les deux colonnes vertébrales étaient divisées par moitié, à côté du point d'union, et laissaient un espace vide [2].

J'ai eu occasion, il y a longtemps, d'étudier un embryon de poule qui présentait très probablement cette monstruosité. On voyait sur un blastoderme deux corps embryonnaires se faisant face par leurs parties antérieures, puis deux têtes disposées en croix avec ces corps embryonnaires et placées sur une ligne perpendiculaire à l'axe de ces corps. Je n'ai pu malheureusement retrouver le dessin que j'avais fait de ce monstre, qui était d'ailleurs mort et en grande partie altéré lorsque j'eus occasion de l'observer [3].

Je ne puis, faute d'observations directes, faire connaître le mode de formation de ces monstres. Mais voici comment je me le représente. Je suppose d'abord que deux bandelettes embryonnaires se sont unies de très bonne heure par leurs bords antérieurs; ensuite que, conséquemment à cette union, deux apophyses céphaliques se sont constituées des deux côtés du point de jonction des bandelettes embryonnaires. Si cette hypothèse est exacte, il en résulte une conséquence curieuse : c'est que les apophyses céphaliques et, par suite, les parties

[1] Dans les vrais ischiopages le rectum est unique.

[2] Maunoir. *Particularities concerning the structure of a monstruous fœtus;* dans les *Medico-chirurgical transactions published by the medical and chirurgical Society*, t. VII, p. 257.

[3] Je dois ajouter ici que les deux têtes de ce monstre présentaient le caractère de l'omphalocéphalie. Il faut rappeler à ce sujet que l'omphalocéphalie est fréquente chez les sycéphaliens de la classe des oiseaux.



supérieures des troncs et les têtes appartiendraient chacune par moitié à chacun des sujets composants.

L'écartement des moitiés des colonnes vertébrales et l'espace vide qu'elles laissent entre elles dans le cas de Maunoir s'expliquent très probablement par la permanence de l'ouverture de la gouttière primitive, dont les bords, au lieu de s'unir, seraient restés béants[1].

Je me borne à signaler ces faits aux embryogénistes qui auraient l'occasion d'en étudier de nouveaux. Il y a là un problème très intéressant pour la tératogénie.

§ 5.

Les monstres doubles à doubles poitrines et à têtes séparées, qui constituent la presque totalité des types de la famille des Monomphaliens, bien qu'en apparence très semblables aux Sycéphaliens, ont cependant une organisation très différente et par suite un tout autre mode d'union : ils se forment à une époque beaucoup plus tardive de la vie embryonnaire.

Ils ne ressemblent aux monstres Sycéphaliens que par la constitution des parois thoraciques, constitution que j'ai déjà fait connaître et sur laquelle, par conséquent, je ne reviendrai pas.

Cette constitution des parois de la poitrine peut d'ailleurs se présenter dans des conditions assez variées. Le type des Sternopages présente l'organisation la plus régulière, en ce sens que les colonnes vertébrales sont opposées l'une à l'autre ; d'où il résulte que les parois costo-sternales sont égales des deux côtés. Dans un autre type, celui des Ectopages, les colonnes vertébrales se rapprochent plus ou moins l'une de l'autre, d'où il résulte que les parois costo-sternales sont inégales. Enfin, un troisième type, celui des Thoracopages[2], présente une conformation très singulière, car la partie supérieure de la poitrine appartient exclusivement à chacun des sujets composants, tandis que la partie inférieure appartient par moitié à chacun des sujets composants. Serres avait très bien décrit cette conformation dans le monstre double Rita-Cristina, qui appartenait au type des

[1] Voir pages 291 et 292, où je signale de pareils faits observés par Math. Duval et Klaussner.

[2] J'emploie le terme de *Thoracopage*, déjà employé par certains tératologistes, pour désigner un type nouveau que je crois devoir séparer du type des Xiphopages, avec lesquels Is. Geoffroy Saint-Hilaire l'a confondu. Je traite cette question dans la note G à la fin de la 3e partie.

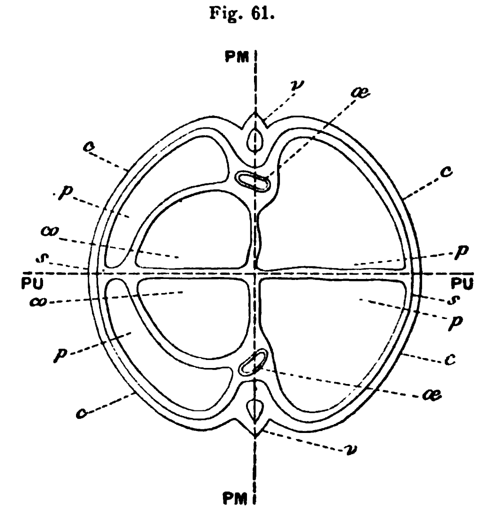


Xiphodymes[1]. Is. Geoffroy Saint-Hilaire l'a retrouvée dans un certain nombre de ses Xiphopages, ceux que j'appelle Thoracopages.

Mais si la conformation extérieure de ces monstres, abstraction faite des têtes, reproduit assez exactement celle des monstres Sycéphaliens et des Déradelphes, leur organisation est toute différente.

Dans les monstres Sycéphaliens la fusion des deux organisations est tellement complète pour la région sus-ombilicale qu'à l'exception des colonnes vertébrales et des moelles épinières, tous les autres organes appartiennent par moitié à chacun des sujets composants. Au con-

Fig. 61.



Coupe schématique d'un Thoracopage. Mêmes lettres que dans la fig. 56.

traire, dans les monstres qui nous occupent actuellement, chacun des sujets conserve son individualité et a presque tous ses organes à lui, à l'exception de ceux qui entrent dans la composition des parois thoraciques. Mais ces organes présentent une disposition toute particulière, ainsi que Serres l'a établi depuis longtemps[2].

En effet, tandis que l'un des sujets a une disposition normale, l'autre présente une transposition plus ou moins complète des viscères. Cet

[1] SERRES. *Recherches d'anat. transcendante et pathologique; Théorie des formations et des déformations organiques appliquée à l'anatomie de Rita Cristina*; dans les *Mém. de l'Ac. des Sc.*, t. IX, 1832.

Le nom de *xiphodyme* doit être remplacé par celui de *thoracodyme*, comme le nom de *xiphopage* par celui de *thoracopage*.

[2] SERRES, *loc. cit.*



arrangement est une conséquence nécessaire de la loi d'union des parties similaires, loi qui régit toute l'organisation des monstres doubles et qui ne peut s'appliquer aux appareils dépourvus de symétrie, comme l'appareil vasculaire et l'appareil digestif, qu'autant que ces appareils présentent, dans l'un des sujets, une inversion qui mette les parties homologues des deux sujets en présence les unes des autres. Alors ces appareils s'unissent entre eux d'une manière médiate par les vaisseaux, et parfois aussi d'une manière immédiate par les organes mêmes qui les constituent.

Il résulte de ces faits que l'organisation de ces monstres est parfaitement symétrique des deux côtés du plan d'union, tandis qu'elle ne l'est pas des deux côtés du plan médian[1]. On a vu, au contraire, que les monstres sycéphaliens ont deux plans de symétrie, tous les organes étant disposés symétriquement, soit par rapport au plan d'union, soit par rapport au plan médian[2].

Les faits que je viens d'exposer indiquent une relation bien évidente entre l'inversion d'un des sujets composants et la formation

[1] Il faut ajouter ici que ces faits ne sont vrais qu'autant que les deux moitiés des sujets composants sont égales entre elles et que, par conséquent, les deux plans médians de chaque sujet s'unissent pour former un plan médian unique. Tel est le cas des thoracopages et des sternopages, comme tel est celui des janiceps. Lorsque, par suite de l'inégalité des sujets, les deux plans médians sont inclinés l'un sur l'autre, la symétrie existe toujours des deux côtés de chacun de ces plans, mais un peu modifiée par l'inégalité du volume des organes situés des deux côtés de ces plans, ou des deux moitiés des organes situés sur ces plans eux-mêmes.

[2] Il est nécessaire d'entrer ici dans quelques détails relativement à ces plans de symétrie.

L'embryon normal, dans les premiers moments de son existence, peut être partagé, par la pensée, en deux moitiés égales disposées symétriquement des deux côtés d'un plan passant par le milieu du rachis. Plus tard, cette symétrie primitive disparait partiellement. J'ai exposé ces faits lorsque je me suis occupé de l'hétérotaxie (Voir le chap. IV de la 3e partie).

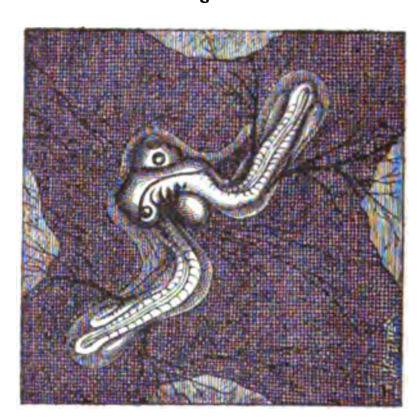
Dans les monstres doubles, il existe, en outre du plan médian de chacun des sujets, un troisième plan, le plan d'union, plan des deux côtés duquel les organes des deux sujets sont disposés symétriquement. Quant aux plans médians de chacun des sujets, ils ne divisent pas toujours chacun d'eux en deux moitiés qui se répètent symétriquement. Ainsi dans les sternopages et les thoracopages, le plan médian unique formé par les deux plans médians de chaque sujet qui se suivent ici en ligne droite, les deux cœurs, ou le cœur unique formé par la réunion des deux cœurs, existent sur l'un des côtés de ce plan et non sur l'autre.

Au contraire, dans les monstres sycéphaliens du type des janiceps, les organes sont symétriques non seulement des deux côtés du plan d'union, mais encore des deux côtés du plan médian formé par l'union des deux plans médians de chaque sujet.

des monstres doubles à double poitrine et à têtes distinctes. L'étude de l'inversion des viscères montre que la sortie de l'anse cardiaque à la gauche de l'embryon est le point initial de l'hétérotaxie et qu'elle détermine le retournement en sens inverse de l'embryon sur le jaune. On voit donc comment, par suite de l'hétérotaxie de l'un des sujets, les deux embryons se feront face par les parties antérieures de leurs corps, et comment les parois thoraciques en s'unissant produiront les appareils compliqués que j'ai décrits.

Mais ces considérations ne sont pas des considérations purement théoriques. Il y a une observation très curieuse d'Allen Thomson qui les confirme de la manière la plus complète. Il a rencontré, sur le

Fig. 62.



Reproduction de la figure donnée par Allen Thomson (*loc. cit.*, fig. 57).

blastoderme d'un œuf d'oie, deux corps embryonnaires complètement distincts l'un de l'autre dans toute leur étendue, mais présentant un cœur unique dans l'intervalle qui sépare les deux régions cervicales. Les corps ne sont pas encore retournés, tandis que les têtes sont retournées sur le jaune, mais en sens inverse l'une de l'autre. La tête de l'embryon de gauche est couchée sur le jaune par le côté gauche et par conséquent dans la position normale. La tête de l'embryon de droite est retournée en sens inverse, dans la position qui résulte de l'inversion des viscères[1].

Ce monstre est évidemment un sternopage en voie de formation. Le

[1] Je rappelle ici que les dénominations de droite et de gauche, d'embryon droit et d'embryon gauche s'appliquent aux embryons lorsqu'on les observe par la face dorsale (Voir page 347).



cœur unique résulte de la fusion de deux anses cardiaques, l'une sortie au côté droit de l'un des embryons, l'autre sortie au côté gauche. Le retournement des deux corps embryonnaires sur le jaune aurait mis en face l'un de l'autre les feuillets externes des lames latérales qui devaient former, plus tard, d'abord les somatopleures, puis les parois thoraciques.

L'inversion du sujet droit, résultant de la sortie de l'anse cardiaque à gauche, est donc la condition nécessaire de la formation d'un pareil monstre. Si les deux anses cardiaques étaient sorties à la droite de chaque embryon, on aurait eu deux jumeaux normaux et distincts placés d'une manière normale sur le blastoderme[1]. Si les anses cardiaques étaient sorties à leur gauche, les deux jumeaux auraient été tous les deux affectés d'hétérotaxie. Enfin si l'anse cardiaque était sortie à la droite de l'embryon de droite et à la gauche de l'embryon de gauche, les deux embryons se seraient retournés en sens inverse et en se faisant face par la région dorsale.

Le fait d'Allen Thomson est malheureusement unique[2]. Mais il peut incontestablement faire supposer ce qui se passe dans la formation de tous les types de ce groupe. Prenons, par exemple, les thoracopages dans lesquels les cœurs sont séparés. L'existence de l'inversion dans l'un des sujets conduit évidemment à penser que l'anse cardiaque du sujet droit était primitivement à gauche au lieu d'être à droite. Les faits se produisent donc chez les thoracopages comme chez les sternopages, mais avec cette différence que, dans le second cas, les deux anses cardiaques se sont réunies pour former un cœur unique, tandis qu'elles sont restées séparées chez les thoracopages[3].

[1] Voir l'Atlas, pl. XIV, fig. 1.

[2] Cela tient-il à ce que le fait d'Allen Thomson se serait produit dans un œuf d'oie, tandis que la plupart des monstres doubles ornithologiques ont été observés chez la poule? Cela n'est pas impossible. Is. Geoffroy Saint-Hilaire a fait remarquer depuis longtemps que certaines espèces animales sont prédisposées plus que d'autres à la production de certaines monstruosités. Le fait existe incontestablement; mais, pour le moment, l'explication nous échappe.

[3] La séparation des cœurs est ordinaire dans la thoracopagie; leur union est ordinaire dans la sternopagie. Toutefois je ne suis pas en mesure d'affirmer que tous les thoracopages auraient des cœurs séparés, et tous les sternopages des cœurs réunis.

La constatation de ce fait aurait une grande importance ; car l'union des cœurs est incompatible avec la vie, tandis que leur séparation permet la viabilité. Le monstre thoracodyme Rita Cristina dont on s'est beaucoup occupé il y a soixante ans a vécu pendant plusieurs mois, quoique l'un des cœurs, arrêté dans son développement, présentât deux vices de conformation qui produisaient la cyanose.

Il est également facile de comprendre la formation des ectopages. Ici les deux anses cardiaques sont réunies et le sujet droit est inverse. Seulement les deux sujets, au lieu de se retourner complètement sur le jaune, ne se retournent que d'une manière incomplète; d'où il résulte que les parties de la somatopleure qui viennent s'unir sur le plan d'union sont inégales[1].

Le fait initial de ces trois types de la monstruosité double consiste donc dans l'inversion de l'un des sujets et l'union médiate ou immédiate des deux anses cardiaques dans l'intervalle qui sépare les deux têtes des embryons.

Cette disposition des cœurs entraîne le retournement en sens inverse des deux corps qui viennent s'unir par leur face antérieure. Les parois thoraciques se forment donc comme chez les monstres sycéphaliens d'abord par l'union des somatopleures, puis par la production des parois costo-sternales. Seulement l'union est plus tardive que chez les sycéphaliens, puisqu'elle est postérieure à la formation des organes qui se produisent individuellement dans chacun des sujets, bien qu'ils puissent, dans certains cas, se conjoindre l'un à l'autre sur le plan d'union.

Un fait que je dois signaler, quoique je n'en voie pas bien l'origine, c'est que, chez ces monstres, l'intestin grêle est unique dans sa partie supérieure. Les duodénums s'unissent à peu de distance de l'estomac, et l'intestin ne se bifurque qu'à partir de l'ombilic unique.

Ces faits nous expliquent comment ces monstres doubles ne peuvent se produire que chez les vertébrés supérieurs, mammifères, oiseaux et reptiles, dont l'embryon se retourne sur le jaune, tandis qu'ils ne se produisent point chez les batraciens et les poissons dont l'embryon conserve toujours sa position primitive sur le vitellus.

Il me resterait maintenant à faire connaître le mode de formation des véritables Xiphopages; mais je ne possède aucun document à leur sujet. Or, bien qu'ils ressemblent beaucoup, par leurs caractères extérieurs, aux Thoracopages, ils en diffèrent considérablement par leur organisation. Les deux cavités thoraciques sont complètement dis-

[1] Je laisse de côté le type des hémipages faute de renseignements suffisants. Is. Geoffroy Saint-Hilaire ne connaissait pas ce type par ses observations personnelles, mais seulement par une description de Barkow. Il ne m'est pas possible de décider si ce monstre était voisin des ectopages ou des sycéphaliens. J'ai rencontré très probablement un hémipage en voie de formation. Voir l'Atlas, pl. XV, fig. 3.



tinctes et, par conséquent, l'un des sujets composants n'est pas nécessairement inverse comme dans les Thoracopages. L'union se fait seulement par une bande cutanée qui s'étend depuis la base des sternums jusqu'à l'ombilic commun. On n'y rencontre d'autres organes que les appendices xiphoïdes unis par leurs extrémités, et une traînée organique dont la nature n'a pas encore été définie et qui s'étend d'un foie à l'autre. Ces détails ne nous apprennent rien sur le mode d'union, si ce n'est que cette union doit être tardive, beaucoup plus que celle des thoracopages. Encore une question réservée à l'avenir.

§ 6.

Les monstres doubles dont la formation est la plus tardive sont ceux qui se produisent par la soudure des têtes. Ils appartiennent aux types de la Métopagie et de la Céphalopagie, qui nous présentent deux embryons unis, dans le premier cas par les fronts, dans le second par les vertex.

Le mode d'union des embryons qui composent ces monstres se comprend très facilement, puisqu'il s'agit ici d'une simple adhérence entre les deux têtes, et non d'une fusion comme dans le plus grand nombre des cas de monstruosités doubles. On comprend donc comment, dans ces conditions, l'union des deux embryons peut échapper plus ou moins à la loi d'union des parties similaires, comme Is. Geoffroy Saint-Hilaire en a déjà fait la remarque à propos des Céphalopages.

J'ai rencontré de semblables monstres en voie de formation. Tantôt les embryons étaient simplement juxtaposés, tantôt les têtes étaient adhérentes[1].

Il peut arriver, dans les cas de Céphalopagie, que l'un des sujets composants soit plus petit que l'autre, et même soit en partie résorbé. Ainsi se produit une monstruosité parasitaire, l'Épicomie, dont on a observé deux exemples dans l'espèce humaine.

Il est possible également que deux embryons primitivement séparés se soudent, à un moment donné, par les mâchoires inférieures. C'est ainsi que je m'explique la formation des monstres hypognathes, chez lesquels une mâchoire isolée, ou parfois attachée à une tête rudi-

[1] Voir l'Atlas, pl. XV, fig. 1. Ce monstre que j'ai désigné comme Céphalopage (p. 452) est très probablement un Métopage, comme celui de la pl. XVI, fig. 10.

mentaire, se trouve soudée à un embryon normal. Je n'ai pas connaissance de monstres de ce genre dans lesquels les deux sujets auraient été complets.

§ 7.

Il me resterait maintenant à faire connaître le mode d'union des embryons dans les types, peu nombreux d'ailleurs, des monstres doubles parasitaires, qui paraissent échapper à la loi d'union des parties similaires.

Je serai très bref sur ce sujet, faute d'observations personnelles; car je n'ai observé que deux embryons se rattachant à ces types. L'un était un hétérodyme, qui était mort et déjà en partie décomposé[1]. L'autre présentait un embryon rudimentaire attaché, suivant la loi d'union, à la partie inférieure d'un embryon bien conformé[2].

Or je crois que ces exceptions à la loi d'union des parties similaires ne sont, le plus ordinairement, que des exceptions apparentes et qu'elles tiennent à ce que, dans certains de ces monstres, le sujet autosite se développe complètement, tandis que le sujet parasite est frappé d'arrêts multiples de développement qui ne permettent pas toujours de reconnaître la disposition des parties homologues. Tels sont, par exemple, les monstres doubles de la famille des hétérotypiens. J'ai tout lieu de croire qu'en les observant à un âge embryonnaire très peu avancé, on reconnaîtrait que l'union des embryons s'opère toujours entre les parties similaires, mais que, dans le sujet parasite, ces parties conservent plus ou moins leur constitution embryonnaire, tandis qu'elles se développeraient complètement dans le sujet autosite.

L'explication de la genèse des monstres polyméliens présente, au contraire, des difficultés absolument insurmontables dans l'état présent de la science. Comment comprendre, par exemple, l'union d'un membre isolé avec la tête dans les Céphalomèles, avec le dos dans les Notomèles? Nous ne pouvons qu'attendre le jour où une découverte inattendue nous mettra sur la voie. Les progrès de la tératogénie depuis trente ans permettent de penser que cet espoir ne sera pas déçu[3].

[1] Voir l'Atlas, pl. XVI, fig. 7.

[2] Voir l'Atlas, pl. XVI, fig. 9.

[3] Pigné a indiqué depuis longtemps que, dans les cas de polymélie, on rencontre, en plus ou moins grand nombre, des traces de dualité dans différentes parties du sujet bien conformé. Voir à ce sujet Cruveilhier, *Traité d'Anatomie pathologique générale*, t. I, p. 384 et suiv. C'est un fait que j'ai eu d'ailleurs occasion de constater plusieurs fois dans l'étude des monstres doubles, et qui me



§ 8.

L'unité de l'ombilic est un caractère très fréquent, quoique non constant, des monstruosités doubles. Is. Geoffroy Saint-Hilaire attachait à ce fait une telle importance qu'il a réuni dans une même famille, d'ailleurs artificielle, celle des Eusomphaliens, les trois types de la monstruosité double chez lesquels existent deux ombilics.

Il serait intéressant de savoir comment, dans les différents types de la monstruosité double, s'établit l'unité de l'ombilic. Malheureusement la tératogénie des oiseaux ne peut nous renseigner sur ce point que d'une manière très incomplète, parce que, chez les oiseaux, la vésicule ombilicale pénètre dans la cavité abdominale et s'y résorbe peu à peu, tandis que, chez les mammifères à placenta, la vésicule ombilicale se détache avec le cordon. On ne peut donc, avec les données actuelles de la science, que former des hypothèses reposant sur l'union de l'embryogénie et de la tératologie.

Rappelons, à ce propos, le mode de formation de l'ombilic. Cette partie se constitue par la fermeture des lames latérales au-dessous de l'embryon. Or les lames latérales se dédoublent en splanchnopleure et en somatopleure. Ces deux feuillets se ferment isolément; d'abord le splanchnopleure, qui produit un anneau interne ou ombilic intestinal; ensuite la somatopleure, qui produit un anneau externe ou ombilic cutané.

La formation de l'ombilic interne ou intestinal a pour résultat de séparer la vésicule ombilicale du tube digestif. Cette séparation se produit dans une partie de l'intestin grêle. La communication de la vésicule ombilicale avec le tube digestif est d'abord très large, mais elle diminue progressivement, de telle sorte qu'elle se change peu à peu en un canal, le *canal* ou *conduit vitellin*. Ce canal est d'abord très court, mais il s'allonge peu à peu, de telle sorte que la vésicule ombilicale s'éloigne de plus en plus de l'intestin, et vient s'appliquer contre le placenta. Plus tard, ce canal s'oblitère et devient alors le

onfirme dans la pensée que la monstruosité double résulte toujours de la fusion de deux foyers de formation embryonnaire; car lorsque la dualité atteint ceraines parties extérieures, elle peut aussi se manifester à l'intérieur, dans des régions très éloignées.

Mais il s'agit de savoir si le fait est général, ou si, dans le cas qui nous occupe actuellement, l'existence d'un membre surnuméraire est toujours l'indice d'une ualité intime. C'est une question sur laquelle je ne saurais trop appeler l'attention des tératologistes.

pédicule vitellin, qui finit par disparaître au bout d'un certain temps. Parfois, cependant, il persiste partiellement pendant toute la vie, en formant cet appendice de l'intestin grêle que l'on désigne sous le nom de *diverticule de Meckel*[1]. Mais le plus ordinairement le canal vitellin et l'ombilic intestinal disparaissent sans laisser de traces, de telle sorte qu'il devient impossible de retrouver, dans les parois de l'intestin grêle, l'indication de la place de l'ombilic intestinal.

Quant à l'ombilic externe ou cutané, sa formation résulte de la fermeture de la somatopleure. Elle est par conséquent indépendante, dans une certaine mesure, de la formation de l'ombilic interne, et se produit, après le détachement du cordon, sous la forme d'une cicatrice.

En partant de ces données on peut se faire une idée plus ou moins exacte de la formation d'un ombilic unique dans la plupart des monstres doubles. Mais on comprend d'ailleurs que ce mode de formation d'un ombilic unique ne peut pas être le même chez tous.

Dans le cas le plus simple, celui des monstres monosomiens, l'union très précoce des deux corps embryonnaires, antérieurement à la formation du tube digestif, fait que le tube digestif est simple dès son origine. On comprend donc que l'ombilic intestinal sera simple comme l'intestin grêle lui-même, et que cette unité de l'ombilic intestinal entraînera celle de l'ombilic cutané.

Dans la plupart des monstres doubles, le tube digestif présente une conformation toute particulière, qui est d'ailleurs parfaitement en rapport avec la dualité partielle du corps lui-même. Tantôt il est double dans la partie antérieure, et simple dans la partie postérieure. Tantôt il est simple dans la partie antérieure, et double dans la partie postérieure. Or, quand on a suivi la formation de l'ombilic sur des embryons simples, ces faits ne peuvent présenter aucune difficulté, car l'unité de la gouttière intestinale, dans la région de l'intestin grêle, amène nécessairement la formation d'un ombilic intestinal unique, bien que le reste du tube digestif soit double en avant ou en arrière de cet ombilic.

Dans la plupart des monstres monomphaliens à union sus-ombilicale (sternopages, etc.), la formation d'un ombilic intestinal unique se comprend facilement par suite des conditions anatomiques de l'appareil digestif. En effet cet appareil est double supérieurement et inférieurement, tandis qu'il est simple dans une région plus ou moins grande de l'intestin grêle. L'unité de l'intestin grêle chez ces mons-

[1] Voir page 413.

tres entraîne nécessairement l'existence d'un ombilic intestinal unique. Mais ce qui est actuellement très difficile à comprendre dans la formation de ces monstres, c'est l'unité de l'intestin grêle. Il y a là une question de tératogénie à laquelle il ne me paraît pas possible de répondre. Nous sommes obligés d'attendre des observations nouvelles.

Quant aux monstres xiphopages, chez lesquels les tubes digestifs sont distincts dans toute leur étendue, nous sommes forcés d'admettre l'existence de deux ombilics intestinaux, et par conséquent de deux conduits vitellins s'étendant jusqu'à la vésicule ombilicale. Mais ces deux conduits vitellins, très rapprochés l'un de l'autre, doivent pénétrer dans un cordon unique, de telle sorte qu'il ne peut exister qu'un seul ombilic cutané. Il serait très intéressant de savoir s'il existerait dans ces monstres deux diverticules de Meckel. Je soumets la question aux anatomistes qui auraient l'occasion, malheureusement très rare, de disséquer un monstre xiphopage.

Dans les monstres eusomphaliens, métopages, céphalopages et pygopages, l'existence de deux tubes digestifs complètement séparés entraîne nécessairement la formation de deux ombilics intestinaux, puis de deux cordons ombilicaux et de deux ombilics cutanés. Il n'y a là aucune difficulté.

On a également signalé deux ombilics chez les monstres synadelphes, ombilics qui appartiendraient par moitié à chacun des sujets composants. L'ignorance à peu près complète où nous sommes encore aujourd'hui relativement à l'organisation de ces monstres ne permet pas d'en préjuger l'organisation[1].

[1] Joly a signalé l'existence de deux ombilics dans un monstre appartenant au type de l'iléadelphie. Malheureusement les détails anatomiques qu'il donne dans son Mémoire sont trop incomplets pour que l'on puisse se rendre exactement compte de leur constitution. Quant à l'iléadelphe que j'ai décrit en 1852, il était tellement altéré par une longue dessiccation que j'ai dû me borner à la description du squelette. Voir page 236.

CHAPITRE X

CONDITIONS DE LA VIABILITÉ CHEZ LES MONSTRES DOUBLES

Les observations que j'ai faites, dans le cours de mes recherches sur les œufs de poule, sont beaucoup trop peu nombreuses pour avoir pu me faire connaître les conditions physiologiques qui empêchent, le plus ordinairement, les monstres doubles d'atteindre l'époque de l'éclosion. J'ai lieu de croire qu'ils périssent par les causes qui font périr les monstres simples, causes que j'ai précédemment indiquées[1]; mais je ne le sais pas d'une manière certaine. C'est donc une question que je dois ajourner.

Mais il y a un point de l'histoire physiologique des monstres doubles sur lequel mes études m'ont permis de réunir quelques éléments. C'est la viabilité de ces monstres après la naissance chez l'homme et les mammifères. Il y a des monstres doubles qui périssent fatalement au moment même où ils sortent de la cavité utérine. Il y en a d'autres, au contraire, dont la vie peut se prolonger indéfiniment. D'où provient cette différence? J'en ai vainement cherché l'explication dans les ouvrages de tératologie.

Le seul physiologiste qui, du moins à ma connaissance, a signalé le fait est Is. Geoffroy Saint-Hilaire. Il montre, d'une part, que les monstres doubles parasitaires sont aussi complètement viables que les êtres normaux, puisque ce sont, en réalité, des êtres normaux auxquels un embryon incomplet se trouve attaché, et, d'autre part, que les monstres doubles chez lesquels la dualité est complète, comme les eusomphaliens et les xiphopages, sont viables comme le seraient deux embryons normaux et séparés[2]. Dans tous les autres cas, la viabilité fait défaut.

« Il y a viabilité, dit-il, aux deux extrémités de la série : dans les premiers genres, parce qu'il y a une organisation complètement binaire et deux vies distinctes; dans les derniers (les monstres parasitaires), parce qu'il y a une organisation unitaire et une seule vie. Entre les deux extrêmes, au contraire, la vie est impossible, car l'or-

[1] Voir le chap. VI de la 3e partie.

[2] A cette différence près que, dans ces monstres doubles, la mort d'un sujet composant entraîne nécessairement la mort de l'autre.

ganisation est très complexe, mais non double; il y a trop peu pour deux vies, trop pour une seule[1]. »

Mais ces paroles expriment le fait; elles ne l'expliquent point. Elles ne nous font point connaître la cause qui fait périr la plupart des monstres doubles au moment de la naissance.

J'ai cherché cette cause de mort. Mes études sur ce sujet ne sont pas encore complètes. Toutefois, j'ai pu m'assurer que, dans un très grand nombre de cas, la mort résulte de l'impossibilité de l'établissement de la respiration pulmonaire. Cette cause de mort, pour les monstres doubles, est-elle générale? Je ne puis l'affirmer. Ce qu'il y a de certain, c'est qu'elle est au moins très fréquente.

Il y a un certain nombre de types de la monstruosité double chez lesquels l'impossibilité de l'établissement de la respiration pulmonaire résulte de la monstruosité elle-même et des conditions organiques de l'union des deux embryons.

Tels sont, par exemple, les types des monstres monomphaliens, dans lesquels les cœurs sont réunis[2]. Je ne connais pas de description complète de l'appareil circulatoire de ces monstres; mais toutes les indications que j'ai pu recueillir dans les auteurs me prouvent que, chez ces monstres, l'union des cœurs et la disposition de l'appareil circulatoire sont un obstacle absolu à l'établissement d'une circulation pulmonaire complètement indépendante et capable de produire l'oxygénation du sang.

Il en est de même pour les monstres sycéphaliens et déradelphes. Chez ces monstres, la disposition du cœur et des gros vaisseaux est certainement très différente de celle que l'on observe dans les monstres précédents. Ainsi que je l'ai montré, ils possèdent deux cœurs appartenant chacun par moitié à chacun des embryons. Il en est de même de l'ensemble des gros vaisseaux qui sortent du cœur et qui forment, des deux côtés du plan d'union, deux appareils dont la disposition est tout à fait étrange et ne peut s'expliquer que par la permanence de conditions embryonnaires[3]. Ce n'est pas ici le lieu de

[1] Is. Geoffroy Saint-Hilaire. *Traité de Tératologie*, t. III, p. 571.

[2] C'est le cas des monstres monomphaliens, à l'exception des ischiopages, des xiphopages et des thoracopages.

[3] Voir, à ce sujet, les travaux déjà anciens de Klinkosch et de Haller sur des synotes. Haller, *Dissertatio quâ duorum monstrorum anatome continetur.* Gœttingen, 1742; réimprimée dans le *De monstris, Op. minora*, t. III, p. 42. — Klinkosch, *Programma quo anatome monstri bicorporei monocephali descriptionem proponit.* 1767.



décrire en détail cet appareil vasculaire, et de donner la signification de ses différentes parties. Qu'il me suffise de dire que, dans ces conditions nouvelles, la circulation pulmonaire ne peut pas s'établir.

Mais il y a des monstruosités doubles chez lesquelles les caractères du type tératologique ne paraissent pas, au premier abord, devoir entraîner une modification de l'appareil vasculaire incompatible avec l'établissement de la circulation pulmonaire. Tels sont les monstres monosomiens. Chez eux, l'unité de l'appareil circulatoire dans la région du tronc semblerait être une condition entièrement compatible avec l'établissement de l'hématose. Et cependant, chez les mammifères et chez l'homme, ces monstres périssent au moment même de la naissance.

Jusqu'à présent cette mort précoce est restée inexpliquée. J'ai eu occasion, il y a quelques années, de disséquer un chevreau iniodyme, et j'ai constaté deux faits intéressants : la permanence du trou de Botal et celle du canal artériel. Ces faits, qui font obstacle à l'oxygénation du sang et qui, par conséquent, ne sont que très exceptionnellement compatibles avec la vie, suffisent incontestablement pour expliquer la mort dans ce cas particulier. Mais cette permanence d'un état embryonnaire de l'appareil circulatoire est-elle un fait général pour les monstres monosomiens? Cela est possible, sans doute; mais nous n'avons aucun motif d'affirmer qu'il en est ainsi, car nous ne voyons aucune relation entre les anomalies qui caractérisent les monstres monosomiens et un arrêt de développement de l'appareil vasculaire. C'est une question que je ne puis que poser, et que je soumets à la vérification des anatomistes.

Toutefois, je dois signaler un fait qui peut donner à cette hypothèse un certain degré de vraisemblance : c'est que, tandis que la viabilité fait complètement défaut à ceux de ces monstres qui naissent chez les mammifères et chez les oiseaux, elle appartient, au contraire, à ceux qui proviennent de la classe des reptiles. On a cité des tortues, des lézards et surtout des serpents affectés de monosomie et qui, malgré cela, avaient atteint l'âge adulte et présentaient les mêmes conditions de vie que les êtres normaux de la même classe[1].

Or, dans l'organisation des animaux de cette classe, la circulation pulmonaire ne se distingue jamais complètement de la circulation générale, et par conséquent l'hématose est toujours imparfaite.

[1] Voir l'indication de ces faits dans le *Traité de Tératologie*, t. III, p. 184, 192, 198. La fréquence de ces faits chez les serpents a fait croire à l'existence d'une espèce dicéphale. Voir Lacépède, t. IV, p. 529. Édit. de 1828.



Je soumets cette hypothèse aux personnes qui s'occupent de tératologie. Si elle venait à se confirmer, on arriverait à ce résultat que l'absence de la viabilité chez les monstres doubles, lorsqu'ils ne sont pas affectés d'une anomalie ou d'une monstruosité simple, incompatible avec la vie, serait toujours la conséquence d'un même fait général : la permanence d'un état embryonnaire de l'appareil vasculaire, qui serait un obstacle à l'établissement de l'hématose[1].

Au contraire, tous les types de la monstruosité double chez lesquels le cœur et les gros vaisseaux des deux sujets reproduisent les conditions normales ne seraient pas par eux-mêmes incompatibles avec la vie. Tel est, par exemple, le type des ischiopages. Tous les monstres affectés de cette monstruosité, et dont Is. Geoffroy Saint-Hilaire a rappelé l'histoire, ont péri dans les premiers jours de la vie extra-utérine. Mais, depuis la publication du *Traité de Tératologie*, on a recueilli les observations de deux ischiopages qui ont vécu pendant plusieurs mois, et, par conséquent, la mort n'est pas une conséquence nécessaire de l'ischiopagie. On doit donc attribuer tous les cas d'ischiopages morts prématurément, soit à des anomalies incompatibles avec la vie, qui lui auraient été associées[2], soit aux causes si nombreuses de mort qui agissent sur les enfants au moment même de la naissance et pendant les premiers jours de l'existence.

Or, cette possibilité de la vie, dans le cas où les parties centrales de l'appareil circulatoire sont séparées, s'observe même dans certains cas où l'appareil circulatoire de l'un des embryons est incomplètement développé. Ainsi, dans le célèbre xiphodyme, connu sous le nom de *Rita-Cristina*, l'un des individus était atteint de cyanose par suite de l'arrêt de développement du cœur et des gros vaisseaux. On sait cependant que ce monstre double a vécu pendant plusieurs mois et que sa mort a été le résultat de causes purement accidentelles.

[1] Il n'est même pas impossible que la même cause produise ce défaut de viabilité dans un certain nombre de monstres simples. J'ai constaté la permanence du trou de Botal et celle du canal artériel dans un agneau opocéphale. C'est un fait que je signale aux anatomistes.

[2] Telle est, par exemple, la dérencéphalie dans un ischiopage observé par Dubreuil, *Description de deux monstres doubles humains;* dans les *Mém. du Muséum*, t. XV, p. 245. 1827.



NOTE A.

J'ai découvert les deux blastèmes cardiaques primitifs en colorant les embryons à l'aide de la teinture d'iode. Comme je me sers constamment et avec un très grand avantage de ce liquide dans toutes mes recherches d'embryogénie normale ou tératologique; comme d'ailleurs je crois être actuellement le seul à m'en servir, j'ai pensé qu'il pouvait être utile de donner quelques indications sur son emploi.

Au début, les tissus de l'embryon sont plus ou moins transparents. Leur étude directe, à la loupe ou au microscope, apprend sans doute bien des choses, tant que la vie persiste; et j'ai montré qu'on peut la prolonger plus ou moins longtemps, en maintenant l'existence des battements du cœur à l'aide de l'eau chaude, ou en les faisant reparaître lorsqu'ils se sont arrêtés. Mais il y a certains détails d'organisation que cette transparence rend à peu près invisibles. La coloration par l'iode permet de les faire apparaître, et devient ainsi un moyen d'étude d'une grande importance.

L'emploi de la teinture d'iode a tout d'abord l'avantage de ne pas exiger un dosage exact. On peut toujours augmenter ou diminuer la coloration sur la pièce elle-même, soit en ajoutant quelques gouttes d'une solution plus concentrée, soit en ajoutant quelques gouttes d'alcool pur. On peut ainsi lui donner, par une série de tâtonnements successifs, la coloration qui fera le mieux voir tel ou tel détail de la préparation. Ces changements de teinte sont d'ailleurs rendus nécessaires par l'augmentation continuelle de l'intensité de la couleur des tissus imprégnés du liquide iodé, augmentation qui résulte de la volatilisation de l'alcool et de la concentration de l'iode. La décoloration des tissus par l'alcool pur a d'ailleurs un autre avantage. Comme elle se fait progressivement, à partir des couches les plus extérieures, elle peut, si on l'emploie avec soin, mettre en évidence des faits qui appartiennent à des couches profondes, et qui autrement échapperaient à l'observateur. C'est la méthode que j'ai employée pour découvrir la dualité du cœur. Après avoir uniformément coloré toutes les couches de la région cardiaque, je décolorais la couche superficielle, et je voyais apparaître les deux blastèmes dans la couche profonde. Depuis cette époque, plusieurs embryogénistes, parmi lesquels je puis me compter, ont employé la méthode des coupes, qui a complété utilement sur plusieurs points la méthode de la coloration par l'iode. Mais la découverte de la dualité du cœur par la coloration des tissus a devancé de dix ans l'emploi de cette dernière méthode.

Maintenant il faut ajouter que la méthode de la coloration a un grand inconvénient : c'est que les préparations que l'on fait par son emploi ne peuvent pas se conserver. L'évaporation de l'alcool amène la concentration de la solution iodée, de telle sorte que lorsque la dessiccation est complète, les différents détails de la préparation deviennent indiscernables. La coloration par l'iode ne donne donc qu'une méthode propre à l'étude immédiate des objets; mais bien qu'ainsi restreinte dans son emploi, elle donne des résultats que je n'ai pu jusqu'à présent obtenir autrement. Depuis quinze ans, je m'en sers avec un grand avantage dans les conférences d'embryogénie que je fais tous les ans dans mon laboratoire.

Un exemple de l'emploi de cette méthode, que je dois signaler ici, est la démonstration de la formation du mésentère et de l'intestin par le repli des splanchnopleures. La connaissance de la formation de l'intestin avait été préparée par Wolff au siècle dernier; il avait vu que le repli des lames latérales produit

au-dessous du corps embryonnaire une gouttière, la gouttière abdominale, qu'il considérait comme l'origine du tube digestif. Mais le fait est plus compliqué que Wolff l'avait supposé. Baer a complété les notions de Wolff en montrant que la formation de la gouttière abdominale est suivie par la formation d'une nouvelle gouttière, la gouttière intestinale, point de départ de l'intestin. Il avait vu que cette seconde gouttière résulte de l'union, au-dessous du corps de l'embryon, de deux replis des feuillets internes du mésoderme, ou, comme nous le disons aujourd'hui, des splanchnopleures. Ces deux feuillets, qui se rapprochent de la ligne médiane, viennent peu à peu se souder l'un à l'autre, d'avant en arrière, puis ils divergent de nouveau. Les deux parties repliées des splanchnopleures forment les deux lames du mésentère, puis, après leur soudure, elles forment la gouttière intestinale qui deviendra la paroi supérieure de l'intestin. Ces faits ont été très bien décrits par Baer, et ils sont évidemment l'expression de la vérité. Je me suis souvent demandé comment Baer avait pu arriver à des notions aussi exactes; car il n'avait pas d'autre moyen d'étude que la dissection. Depuis la publication de l'ouvrage de Baer, la description qu'il a donnée a été reproduite plus ou moins exactement par les embryogénistes; mais la formation du mésentère et de l'intestin n'a été figurée nulle part.

La coloration par l'iode permet de montrer ces faits avec la plus grande facilité. Si l'on prend un embryon au troisième jour, et qu'on l'observe par sa face inférieure, on aperçoit la gouttière abdominale, au fond de laquelle on voit la corde dorsale occupant la ligne médiane, et les deux séries de protovertèbres, des deux côtés de la corde dorsale; mais toutes ces parties étant plus ou moins transparentes ne laissent pas apercevoir le repli des splanchnopleures. Or, si l'on colore avec l'iode cette face inférieure de l'embryon, on voit très nettement apparaître deux lignes parallèles qui coupent, dans toute leur étendue, les deux séries des protovertèbres. Ces lignes sont les bords repliés des deux splanchnopleures. Elles se rapprochent peu à peu l'une de l'autre, et viennent s'unir sur la ligne médiane. Cette union se fait d'avant en arrière, de telle sorte que, pendant un certain temps, la ligne d'union, simple en avant, est double en arrière. Puis il arrive un moment où la ligne d'union est simple dans toute son étendue. Alors la paroi supérieure de l'intestin est entièrement formée, et contitue une nouvelle gouttière, la gouttière intestinale, qui occupe toute la partie inférieure du corps, et qui vient, en quelque sorte, s'inscrire dans la gouttière abdominale qui lui est circonscrite. Lorsque ces faits se sont produits, la gouttière intestinale entièrement colorée par l'iode ne laisse plus voir au travers d'elle la corde dorsale et les protovertèbres.

Il arrive parfois que cette soudure des deux lignes ne se produit pas dans la partie postérieure par suite d'un fait assez étrange : l'invagination de l'extrémité caudale de l'embryon dans la gouttière intestinale. C'est un fait entièrement comparable à l'omphalocéphalie. Je n'ai pas pu savoir ce que deviendraient les embryons avec cette invagination de l'extrémité caudale.

Un fait embryogénique très intéressant et qui résulte de la formation de la paroi supérieure de l'intestin, c'est l'union des deux moitiés de l'aire vasculaire, en arrière du cœur. J'ai signalé ce fait dans le texte[1]. Mais je dois ajouter que par suite de cette anastomose des vaisseaux, la symétrie primitive qui caractérise tout d'abord l'aire vasculaire disparaît peu à peu pour faire place à une asymétrie consécutive. C'est ainsi que l'une des artères omphalo-mésentériques disparaît après un certain temps, et qu'il en est de même pour l'une des veines omphalo-mésentériques et l'une des veines ombilicales.

[1] Voir p. 269.

NOTE B.

La coexistence de la fissure spinale occulte (*spina occulta*), avec un développement anormal de touffes de poils dans la région lombo-sacrée, a conduit Virchow à penser que la figure du Faune ou du Satyre, avec une queue lombaire plus ou moins longue, telle qu'elle est fréquemment représentée dans les œuvres de l'art grec, devait avoir son origine dans l'observation de faits tératologiques. Plusieurs observations récentes nous ont apris, d'ailleurs, que ces faits d'*hypertrichose* lombaire ou sacrée, comme on le dit aujourd'hui, sont plus nombreux qu'on ne saurait le croire. Un médecin allemand, Ornstein, qui a été à la tête du service médical de l'armée grecque et qui a pris part, en cette qualité, aux travaux des Conseils de revision, mentionne la fréquence relative de l'existence de cette anomalie dans les jeunes gens soumis à son examen. Un cas très remarquable de ce genre a été décrit par un chirurgien de Bologne, Rizzoli. Une petite fille de 14 jours présentait dans la région lombaire une touffe de poils de 8 centimètres de long. A six ans, les poils avaient 32 centimètres de long et ressemblaient aux crins de la queue du cheval. Ce développement anormal de poils s'était produit sur une tumeur provenant d'une fissure spinale visible à l'extérieur.

Recklinghausen, qui mentionne ces faits, croit pouvoir y ajouter, à l'appui de la remarque de Virchow, que la fissure spinale, visible ou occulte, coïncide assez souvent avec un développement excessif de la pilosité dans la région inférieure du corps, et aussi, parfois, avec le pied bot. Or, chez les Satyres, la moitié inférieure du corps était celle d'un bouc. Il en était de même des pieds. Certaines formes de pied bot peuvent rappeler le pied du bouc comme celui de cheval (pied équin).

Il est assurément impossible de démontrer l'exactitude de ces considérations. Toutefois elles me paraissent très vraisemblables. Dès le début de mes recherches, j'ai toujours eu la pensée que la tératologie était fréquemment intervenue dans les conceptions artistiques et mythologiques des différents peuples, et qu'il y aurait un grand intérêt à rechercher les conceptions que la vue des monstres a pu faire naître dans l'intelligence humaine. « L'imagination, disait Pascal, se lasserait plutôt de concevoir que la nature de fournir ». Pour ma part, je crois que l'homme n'invente qu'à la condition de tirer les éléments de ses inventions de l'observation de la réalité.

On comprendra, du reste, que je ne veuille pas aborder un pareil travail. Il me faudrait, pour cela, faire une longue étude de l'art et des conceptions mythologiques chez tous les peuples du monde, étude pour laquelle mes recherches tératologiques ne m'ont point préparé. Je me contenterai donc de signaler quelques rapprochements qui me semblent mettre pleinement en évidence la thèse que je soutiens.

La fable des Cyclopes a une origine tératologique bien évidente. Il en est de même pour la fable de Janus. On peut supposer également que la conception de la Sirène, moitié femme et moitié poisson, a son point de départ dans les monstres syméliens du type des sirénomèles, chez lesquels les membres postérieurs, soudés et arrêtés dans leur développement, semblent former une extrémité caudale pisciforme.

On pourrait assurément pousser plus loin la recherche de ces représentations artistiques qui auraient dû leur origine à l'observation de faits tératologiques.

Je me contenterai de la signaler aux personnes qui s'occupent des origines de l'art et qui cherchent à retrouver, non seulement en Grèce, mais en Chaldée, en Egypte et en Perse, le point de départ et les diverses transformations des figures reproduites sur les monuments de ces contrées. Mais je ne veux pas quitter ce sujet sans montrer l'influence probable de la tératologie sur la formation de certains mythes. J'en citerai deux exemples remarquables, se rattachant, l'un à l'origine des animaux, l'autre à l'origine des sexes dans l'espèce humaine.

L'origine des animaux, par génération spontanée, a été la croyance générale de l'antiquité. Or, on admettait que dans ses efforts pour s'organiser elle-même, la matière n'aboutissait pas toujours à la formation d'êtres complets et viables, et qu'elle produisait souvent des ébauches informes, dans lesquelles certaines parties seulement arrivaient à se développer, et qui, par cela même, étaient complètement privées de l'aptitude à la vie. On voit le développement de cette idée dans le poème de Lucrèce; mais, très probablement, Lucrèce l'avait emprunté à Empédocle. Je cite ici les vers mêmes de Lucrèce :

Multaque tum tellus etiam portenta creare
Conata est, mira facie membrisque coorta.
Androgynûm inter utras, nec utramque utrinque remotum :
Orba pedum partim, manuum viduata vicissim,
Multa sine ore etiam, sine vultu cœca reperta,
Vinctaque membrorum per totum corpus adhæsu,
Nec facere ut possent quicquam, nec cedere quoquam,
Nec vitare malum, nec sumere quod volet usus.
Cœtera de genere hoc monstra ac portenta creabat
Necquicquam, quoniam natura absterruit auctum,
Nec potuere cupitum œtatis tangere florem,
Nec reperire cibum, nec jungi per Veneris res.
Multa videmus enim rebus concurrere debere,
Ut propagando possint procudere secla.
Pabula primum ut sint, genitalia deinde per artus
Semina quà possint membris manare remissis;
Feminaque ut maribus conjungi possit, habere.
Mutua queis nectant inter se gaudia uterque,
Multaque tum interiisse animantum secla necesse est;
Nec potuisse propagando procudere prolem[1].

Or comment cette conception d'essais infructueux, et, par suite, de la formation d'ébauches incomplètes et non viables, avait-elle pu se produire dans l'esprit des hommes? Très probablement par la vue de certains faits tératologiques. L'étude des monstres, et particulièrement celle des monstres omphalosites, ne nous présente-t-elle pas, d'une manière très complète, la réalisation de ces êtres qui ne peuvent vivre parce qu'ils sont plus ou moins privés de leurs conditions d'existence? S'il ne s'était jamais produit de monstres omphalosites, aurait-il été possible d'imaginer la théorie que je viens de rappeler?

L'origine des sexes dans l'espèce humaine a donné lieu au mythe célèbre de l'androgyne, mythe que nous connaissons surtout par le *Banquet* de Platon, mais qui était très certainement une conception beaucoup plus ancienne[2]. Je le

[1] Lucrèce. *De Natura rerum*, lit. 5.

[2] Ce mythe se retrouve, en effet, très peu modifié, dans l'Inde et la Chaldée. On a signalé, depuis longtemps, sa très grande ressemblance avec le récit de la création de la femme dans la Genèse et par suite, on a souvent cherché à identifier ces deux conceptions. C'est, paraît-il, l'opinion générale des talmudistes. Ç'a été également l'opinion d'un certain nombre de théologiens chrétiens, comme Eusèbe de Césarée. Voir, à ce sujet, Fr. Lenormant, *Les Origines de l'Histoire*, t. I, p. 5 et suiv.

mentionne d'après la traduction de Cousin[1]. « La nature humaine était primitivement bien différente de ce qu'elle est aujourd'hui. D'abord il y avait trois sortes d'hommes, les deux sexes qui subsistent encore et un troisième, composé des deux premiers et qui les renfermait tous deux : il s'appelait *androgyne;* il a été détruit, et la seule chose qui en reste est le nom qui est en opprobre. Puis tous les hommes généralement étaient d'une figure ronde, avaient des épaules et des côtes attachées ensemble, quatre bras, quatre jambes, deux visages opposés l'un à l'autre et parfaitement semblables, sortant d'un seul cou et tenant à une seule tête, quatre oreilles, un double appareil des organes de la génération et tout le reste dans la même proportion. Leur démarche était droite comme la nôtre, et ils n'avaient pas besoin de se tourner pour suivre tous les chemins qu'ils voulaient prendre; quand ils voulaient aller plus vite, ils s'appuyaient de leurs huit membres par un mouvement circulaire, comme ceux qui, les pieds en l'air, imitent la roue. »

Ainsi donc l'espèce humaine aurait été constituée dès son origine par trois sortes d'êtres, tous formés par l'union de deux sujets: les premiers bi-mâles; les seconds bi-femelles; les troisièmes mâles et femelles. Plus tard, Jupiter aurait séparé ces sujets composants, de manière à former les êtres uniques que nous voyons aujourd'hui.

Il m'est impossible, en lisant ce passage de Platon, de ne pas penser aux monstres doubles à doubles poitrines dont j'ai fait connaître le mode de formation, et particulièrement aux monstres Janiceps de la famille des Sycéphaliens. Je suis donc conduit à me demander si ce mythe n'a pas pour origine l'observation de pareils monstres qui se produisent de temps en temps dans l'espèce humaine, et qui ont certainement excité la curiosité ou la terreur superstitieuse de leurs contemporains. On sait, d'ailleurs, que si les Janiceps et, d'une manière générale, les monstres Sycéphaliens ne sont pas viables, il n'en est pas toujours de même pour les Monomphaliens qui sont aussi des monstres à doubles poitrines, et que les Thoracopages et surtout les Xiphopages peuvent être viables. L'existence d'un Thoracopage ou d'un Xiphopage ayant atteint l'âge adulte réalise, à bien des égards, le mythe rapporté par Platon. Il est très curieux de voir que, d'après ce mythe, l'organisation de certains monstres doubles aurait été l'état primitif de l'humanité.

La seule objection que l'on pourrait opposer à cette manière de voir, c'est que, dans les monstres doubles, les sujets composants sont toujours du même sexe, tandis qu'ils seraient de sexe différent dans l'androgyne. Mais on comprend facilement qu'à une époque où l'observation scientifique n'existait pas, les hommes aient pu, dans certains cas, se tromper en pareille matière. On rencontre parfois des faits de ce genre dans les récits des anciens tératologistes. Aujourd'hui nous n'en rencontrons plus. D'ailleurs, en dehors de l'androgyne, le mythe de Platon parle d'individus doubles, mais unisexués.

Je n'irai pas plus loin dans cette voie, n'ayant eu d'autre motif, en écrivant cette note, que d'appeler l'attention sur un point très curieux, et encore presque inconnu, de l'histoire de l'intelligence humaine.

[1] Platon. Traduction de Cousin, t. VI, p. 272.

NOTE C.

Je crois devoir reproduire ici deux paragraphes d'un Mémoire que j'ai publié en 1881 sur les anomalies des membres[1]. Assurément ces paragraphes n'ajoutent rien à ce que j'ai dit dans le texte; mais ils montrent comment les anomalies des membres, quelques diverses qu'elles soient, sont cependant fréquemment associées et, par conséquent, sont produites par les mêmes causes. C'est une considération très importante, et que je n'ai pas suffisamment développée dans le texte, où j'avais été obligé d'étudier séparément chaque anomalie en particulier.

§ 2. — *Théorie embryogénique de la formation des anomalies des membres.*

« Les membres apparaissent, des deux côtés du corps, sous la forme de bourgeons cellulaires. Ces bourgeons, absolument semblables au début, s'allongent peu à peu, puis ils se segmentent, et leurs segments s'infléchissent les uns sur les autres. Le segment brachial du membre supérieur et le segment crural du membre inférieur s'infléchissent par un mouvement de torsion sur leur axe : le premier sur l'épaule, le second sur le bassin; mais ce mouvement de torsion se fait en sens inverse pour le membre supérieur et pour le membre inférieur; il en résulte que ces deux membres se font face par celui de leur côté qui contiendra plus tard les muscles extenseurs.

« Les organes définitifs, os et muscles, que contiendront plus tard les membres, apparaissent d'emblée, avec tous leurs caractères, dans ces blastèmes cellulaires tels qu'ils se sont constitués après avoir traversé ces formes successives. C'est ainsi que la torsion de l'humérus, dont on a tant parlé dans ces dernières années se produit d'emblée, comme conséquence de la torsion du segment brachial sur l'épaule.

« Supposons maintenant que l'amnios, au lieu de continuer à se développer en s'éloignant de l'embryon, comme c'est l'état normal, reste appliqué contre lui, les membres viendront se heurter contre un obstacle qu'ils ne peuvent déplacer. Leur évolution sera nécessairement modifiée. Tantôt ils s'arrêteront totalement ou partiellement dans leur développement, tantôt ils évolueront à peu près complètement, mais en infléchissant leurs segments les uns sur les autres, d'une manière anormale. Ces faits, dans bien des cas, se produiront isolément, tantôt aux membres supérieurs, tantôt aux membres inférieurs, parfois même à un seul des membres d'une paire thoracique ou abdominale. Dans d'autres cas, ils s'associeront entre eux de diverses manières, en produisant des anomalies plus ou moins complexes où les arrêts de développement se combineront avec les déviations. Il y a même des cas où les membres postérieurs, frappés à la fois d'arrêts de développement et de déviation en arrière, viendront s'unir sur la ligne médiane en formant un membre postérieur unique. On s'explique d'ailleurs très bien la diversité de ces effets produits par une cause unique, la pression contre l'amnios; par ses divers degrés d'intensité; par la durée de son action, et aussi par son application plus ou moins étendue, plus ou moins restreinte.

« Signalons maintenant ces divers effets.

« Si la pression de l'amnios arrête l'évolution des membres au moment même

[1] Dareste. *Mémoire sur les anomalies des membres et sur le rôle de l'amnios dans leur production;* dans le *Journal de Robin et Pouchet.*

où ils commencent à apparaître, ils restent dans leur premier état de bourgeons cellulaires. C'est ce qui constitue l'*ectromélie*. La seule modification ultérieure qu'ils présentent, c'est la formation de la peau.

« Si la pression n'agit qu'un peu plus tard, après l'allongement des membres et leur commencement de segmentation, elle ne frappe plus que certains de leurs segments. Les uns sont frappés d'arrêts de développement; les autres continuent à évoluer. Cet arrêt de développement produit l'*hémimélie*, lorsqu'il frappe les derniers segments des membres, la main ou le pied; la *phocomélie*, lorsqu'il frappe les segments intermédiaires, le bras et l'avant-bras, la cuisse et la jambe, sans toucher à la main et au pied. Dans ce dernier cas, la main ou le pied plus ou moins bien conformés paraissent immédiatement attachés à l'épaule et au bassin.

« Il arrive enfin que certains segments des membres, tout en se développant d'une manière à peu près complète, sont cependant frappés d'arrêts de développement partiels qui n'atteignent que certains de leurs éléments. A la main et au pied, les doigts et les orteils peuvent manquer en plus ou moins grand nombre, ou, lorsqu'ils se développent, ne se développer que d'une manière incomplète. Ils peuvent également rester attachés les uns aux autres par suite de la permanence du blastème cellulaire qui les unit primitivement (*Syndactylie*). A l'avant-bras on voit parfois manquer le radius; à la jambe, le péroné, et, avec ces os, les muscles qui les accompagnent.

« Lorsque les membres évoluent d'une manière complète, la pression de l'amnios peut les modifier en changeant la position respective de leurs divers segments.

« Dans l'état normal, les divers segments des membres s'infléchissent les uns sur les autres d'une manière déterminée. Or, si les membres viennent se comprimer contre l'amnios, il arrive tantôt que certains segments ne s'infléchissent pas sur ceux qui les précèdent, d'où résulte la permanence de dispositions embryonnaires; tantôt qu'ils s'infléchissent sur ceux qui les précèdent autrement que dans l'état normal. Dans ces conditions, les os, et particulièrement leurs surfaces articulaires, se produisent, dans ces blastèmes modifiés par la pression de l'amnios, avec des caractères particuliers, différents de ceux de l'état normal. Ainsi se constituent les anomalies des membres que l'on désigne sous le nom de *déviations congénitales*.

· Ici se présente de suite une difficulté. Les déviations des membres ne sont pas toujours congénitales : elles peuvent aussi se produire, après la naissance, par l'action de causes pathologiques. Quand on observe une déviation chez un adulte, ou même chez un enfant à une époque plus ou moins éloignée de la naissance, il est souvent difficile de décider si cette déviation s'est produite antérieurement ou postérieurement à la naissance. Il en résulte qu'encore aujourd'hui les pathologistes ne sont point toujours d'accord sur la congénitalité ou la non-congénitalité de certaines déviations.

« Telles sont, par exemple, ces déviations de la cuisse que l'on désigne sous le nom de *luxations congénitales* du fémur. Cette affection, déjà indiquée par Hippocrate, et que Paletta et Dupuytren ont de nouveau signalée, atteint simultanément, dans un grand nombre de cas, les deux membres postérieurs, ce qui exclut toute idée de traumatisme. Aussi a-t-elle été, jusqu'à ces derniers temps, considérée comme antérieure à la naissance. Les observations de M. Verneuil, celles de mon savant ami M. Dally[1] nous apprennent que, dans un très grand nombre de cas, cette déviation ne se produit qu'un certain temps après la naissance, lorsque

[1] VERNEUIL. *Gazette hebdomadaire*, 1886, p. 353. — DALLY. *Bulletin de Thérapeutique médicale et chirurgicale*, 1873.

les enfants commencent à marcher, et qu'elle est déterminée par cette maladie que l'on désigne sous le nom de *paralysie essentielle de l'enfance*.

« Un jour viendra sans doute où il sera possible d'établir, sur des signes matériels, le diagnostic différentiel des déviations congénitales et de celles qui ne le sont pas. Il est impossible que les extrémités des os et leurs surfaces articulaires, frappées, dans les déviations congénitales, de dispositions originairement anormales, présentent les mêmes caractères que les extrémités des os et les surfaces articulaires primitivement normales et consécutivement modifiées par des causes pathologiques. Mais cette étude n'a encore été faite que d'une manière partielle et seulement dans des cas isolés. Tant qu'elle ne sera pas plus complète, on ne pourra établir exactement le diagnostic différentiel des déviations congénitales et de celles qui sont postérieures à la naissance.

« Mais tout en signalant cette lacune, je ferai remarquer qu'elle n'a, dans la question actuelle, aucune importance. Il me suffit d'établir que toutes les espèces de déviations des membres peuvent être congénitales. Cela résulte manifestement de la tératologie.

« En effet les déviations des membres accompagnent très fréquemment des monstruosités incompatibles avec la vie indépendante, telles que les Célosomies, les Pseudencéphalies, les Anencéphalies. Dans les Acéphalies l'existence du pied bot est même tellement commune qu'Is. Geoffroy-Saint-Hilaire se demandait s'il n'existait pas entre l'Acéphalie et le pied bot une relation nécessaire. J'ai donné, depuis longtemps, l'explication de ces coexistences en montrant que des anomalies, en apparence très diverses, résultent de la pression exercée sur l'embryon par l'amnios. Je renvoie ceux qui liront ce travail à mes anciennes publications sur ce sujet.

« Si la congénitalité des déviations ne peut être contestée dans tous les cas où elles coexistent avec des monstruosités qui rendent la vie indépendante absolument impossible, il n'y a aucun motif pour ne pas en admettre la possibilité lorsqu'elles existent isolément. Il y a d'ailleurs certaines déviations, le pied bot par exemple, dont la congénitalité n'est niée par personne, bien que, dans la pratique, il soit souvent difficile de distinguer un pied bot acquis d'un pied bot congénital. Il y a, de plus, des cas de déviations isolées où la congénitalité a été constatée au moment même de la naissance. Tels sont, par exemple, les cas de luxation en avant de la jambe sur la cuisse, cas dont on doit la connaissance à M. Guéniot[1].

« Ceci posé, je ferai remarquer que toutes les déviations des membres consistent dans un changement de position, soit de la totalité du membre par rapport au tronc, soit des divers segments des membres les uns par rapport aux autres. Dans certains cas, plus rares, ces changements de position n'existent qu'en apparence, la déviation du membre n'étant que la persistance d'un état embryonnaire, c'est-à-dire un arrêt de développement. C'est ce qui arrive dans certaines formes du pied bot. Ainsi, il y a une période de la vie embryonnaire où l'axe du pied se continue directement avec l'axe de la jambe. Plus tard, le pied s'infléchit sur la jambe en formant avec elle un angle droit. L'absence de cette inflexion détermine le pied équin. Il en est de même pour le varus. Quand on observe des embryons d'un certain âge, on constate que la plante du pied est toujours tournée en dedans. Aussi Meckel et Is. Geoffroy Saint-Hilaire ont-ils, depuis longtemps, expliqué le varus par un arrêt de développement. On a nié le fait; mais cette négation tient uniquement à ce que la modification qui transforme le varus en pied normal se

[1] Observations présentées par M. Guéniot à la Société de Chirurgie; reproduites par Hibon. *De la luxation congénitale du tibia en avant avec renversement de la jambe sur la cuisse*, 1881, Paris.

produit toujours avant la formation des muscles et des os. Il y a donc là une application particulière de la loi générale qui régit la tératogénie et que j'ai formulée depuis longtemps. Je dois ajouter seulement que dans l'état actuel de la science, nous ne savons pas encore exactement comment le pied équin et le varus se transforment en pied normal. C'est là un très intéressant problème d'embryogénie, mais qui ne peut être résolu que par l'étude de très jeunes embryons. Or nous savons combien il est difficile de s'en procurer. Espérons néanmoins que quelque rencontre heureuse permettra de combler cette lacune de la science. L'observation que j'ai faite, il y a deux ans, d'un jeune embryon humain affecté de spina bifida, avant la formation des organes définitifs, prouve que cet espoir peut être réalisé.

« Dans tous les autres cas, la déviation est réelle. Telle est, au membre supérieur, la déviation de l'humérus sur l'épaule, celle de la main sur l'avant-bras (main bote); au membre inférieur, la déviation de la cuisse sur la hanche (certains cas de luxation congénitale du fémur), de la jambe sur la cuisse (luxations latérales du tibia ou genoux cagneux, luxation antérieure du tibia), du pied sur la jambe (pied bot valgus ou talus). Il est inutile de décrire ces diverses anomalies. On en trouvera la description dans tous les traités d'anatomie pathologique[1].

« Le seul point sur lequel je crois devoir insister, c'est que dans les déviations des membres comme dans les ectromélies, on trouve assez souvent l'absence de certaines parties. Il y a souvent des ectrodactylies. De plus, certains os peuvent manquer, et avec eux les muscles qui les accompagnent. Ainsi dans les mains botes, certains os du métacarpe, du carpe, même le cubitus, manquent fréquemment. Il en est de même pour le pied bot, où l'on a parfois signalé l'absence de certains os du métatarse, et même celle du péroné. Dans tous ces cas, l'inflexion anormale des segments des membres coexiste avec le défaut de formation de certaines parties. Il y a là une analogie remarquable entre les déviations et les ectromélies, analogie qu'il importe de signaler, car elle est parfaitement en rapport avec la théorie que je soutiens relativement à l'unité de la cause qui les détermine.

« Enfin, il y a des cas où les membres postérieurs, frappés d'arrêt de développement, viennent se conjoindre sur la ligne médiane, par leurs bords externes, devenus, dans ce cas, les bords internes. C'est ce qui constitue les diverses formes de la Symélie. Je me borne à signaler ici ce fait de tératogénie que j'ai décrit depuis longtemps.

« Ainsi donc les anomalies des membres, à l'exception de la polydactylie, quelques diverses qu'elles soient, résultent toutes de la mise en jeu de trois faits tératogéniques : l'arrêt de développement, la déviation et la soudure, qui tantôt se produisent isolément et tantôt s'associent; et ces faits sont déterminés par une

[1] Bien que je croie, avec M. Dally, que la luxation congénitale du fémur ne se produit le plus souvent qu'un certain temps après la naissance, il y a cependant des cas où le fait de la congénitalité est incontestable. Il y en a d'abord un exemple très remarquable dans l'*Atlas d'Anatomie pathologique* de CRUVEILHIER. Ici la luxation congénitale du fémur coexistait, chez un enfant monstre, avec des mains et des pieds bots, l'ouverture du rectum dans la vessie et beaucoup d'autres anomalies. Il y en a également un cas très remarquable, décrit par HOUEL, dans les *Mémoires de la Société de Chirurgie*, et conservé au Musee Dupuytren. Ici la double luxation s'accompagnait d'un spina bifida de la région sacrée, d'un pied bot varus et de l'absence complète des muscles fessiers. C'est un exemple remarquable de déviations accompagnées d'arrêts de développement. La collection du Musée Dupuytren contient également un certain nombre de pièces que l'on ne peut pas ne pas considérer comme des luxations congénitales. Du reste, il est nécessaire de s'entendre. Évidemment la luxation double, avec allongement de la capsule articulaire et du ligament rond, n'est pas probablement congénitale, et se produit après la naissance. Mais lorsqu'il y a absence de la tête et du col du fémur, absence de certains muscles, je ne puis considérer ces faits que comme des faits primitifs.

cause unique : la pression des membres contre l'amnios arrêté dans son développement. J'ai constaté bien souvent ces faits sur les embryons d'oiseaux. L'observation qui a été le point de départ de ce travail prouve qu'ils se produisent de la même façon chez les Mammifères. »

§ 3. — *Examen critique de la théorie pathologique des anomalies des membres.*

« La thèse que je viens d'exposer sur le mode de formation des anomalies des membres repose entièrement sur l'observation des faits. Il pourrait donc paraître inutile de combattre les théories contraires qui expliquent certaines anomalies des membres, et particulièrement les déviations, par des causes pathologiques et particulièrement par des maladies du système nerveux. Mais ces théories sont assez généralement admises. Il me paraît donc nécessaire de montrer qu'elles ne sont que de simples conceptions de l'esprit, et non le résultat de faits d'observation.

« Il est certain que le pied bot se produit après la naissance par des causes pathologiques, les convulsions ou la paralysie essentielle. Peut-il en être de même avant la naissance, comme beaucoup de personnes le croient encore?

« Et d'abord, l'existence de maladies intra-utérines du système nerveux n'a jamais été constatée par l'observation directe. Peut-elle être déduite de l'existence d'altérations pathologiques du système nerveux ou du système musculaire?

« Les muscles dans les déviations congénitales présentent souvent un aspect particulier qui rappelle celui des muscles atrophiés. Mais la similitude d'aspect implique-t-elle une similitude de lésion? Nous ne possédons à ce sujet qu'une seule observation, déjà ancienne, due à M. Robin. Or M. Robin, étudiant les muscles sur un pied bot valgus présenté par un très jeune embryon, a constaté que l'état de ces muscles consistait dans un arrêt de développement qui les avait maintenus dans leur état embryonnaire, et non dans une atrophie qui aurait modifié une organisation d'abord complète.

« On me dira sans doute que l'observation de M. Robin est unique. Mais je ferai remarquer que cet aspect particulier des muscles dans les déviations congénitales a été constaté également dans les Ectromélies et les Symélies, monstruosités que l'on ne peut évidemment pas rattacher à des maladies intra-utérines du système nerveux. Il y a là d'ailleurs une question très intéressante que je signale aux embryogénistes.

« Il en est de même du système nerveux.

« J'ai rappelé tout à l'heure que le pied bot coexiste très fréquemment avec certaines monstruosités, et particulièrement avec des monstruosités qui atteignent profondément le système nerveux. Ainsi, dans l'acéphalie, le système nerveux manque totalement ou partiellement. Dans l'anencéphalie, il est totalement ou partiellement remplacé par des poches remplies de sérosité. Dans la pseudencéphalie, il est totalement ou partiellement remplacé par un tissu comparable à celui des tumeurs érectiles. Plusieurs tératologistes ont considéré ces faits anatomiques comme étant le résultat de lésions pathologiques. Mais, pendant la vie extra-utérine, les maladies du système nerveux ne produisent jamais de pareils effets. D'ailleurs mes observations m'ont prouvé depuis longtemps que ces faits ne sont point de l'ordre pathologique, mais de l'ordre tératologique; qu'ils résultent toujours d'une modification de l'évolution, et non de l'altération pathologique d'un appareil primitivement bien conformé.

« Peut-on invoquer les causes pathologiques dans les cas de déviations isolées, et lorsque le système nerveux se présente sous un aspect normal? Le système nerveux n'a été que peu étudié dans les déviations. Voici les seules indications que j'ai rencontrées à ce sujet dans les archives de la science.

« En 1870, M. Michaux a décrit et figuré des coupes de la moelle sur une femme affectée de pied bot congénital[1]. Il a constaté deux foyers de myélite scléreuse, l'un dorsal, l'autre lombaire, et il attribue, dans ce cas, le pied bot congénital à une affection de la moelle. Toutefois il admet que, dans beaucoup de cas, le pied bot congénital se produit à une époque antérieure à celle où le système nerveux et le système musculaire sont capables d'accomplir leurs fonctions physiologiques, et qu'alors il est le résultat d'un arrêt de développement, c'est-à-dire d'une modification de l'évolution. Il a donc, sur certains points, les mêmes idées que moi; seulement il admet la possibilité de deux causes différentes, l'une embryogénique, l'autre pathologique. Or le fait qu'il invoque ne démontre en aucune façon l'existence d'une cause pathologique antérieure à la naissance, puisqu'il s'agit d'une vieille femme de la Salpétrière, âgée de 70 ans. Évidemment le fait de la congénitalité dans ce cas n'est aucunement prouvé. D'ailleurs, la déviation pouvait être complètement indépendante de la lésion de la moelle.

« L'étude de la moelle dans deux cas de pied bot congénitaux par Coyne et Troisier (1872)[2], puis par Thorens (1873)[3], n'a fait connaître aucune lésion de la moelle.

« Tout récemment, la constatation d'une lésion matérielle de la moelle dans un cas de pied bot a été faite par M. le Dr Cossy, qui vient de mourir, victime du devoir professionnel. Dans ce cas, la congénitalité du pied bot ne pouvait être contestée; car il existait chez un enfant mort à deux mois, et avait été constaté par une sage-femme au moment de l'accouchement. Mais la lésion était-elle réellement un fait pathologique? J'ai tout lieu de croire que c'était un fait tératologique. En effet, si le mémoire de M. Cossy n'a pas encore été publié, j'en trouve une brève indication dans le *Rapport sur l'École pratique des Hautes-Études* (1880-1881), indication ainsi conçue : « Ces dernières recherches établissent que le pied bot congénital peut s'accompagner de lésions médullaires caractérisées surtout par l'absence de groupes de cellules nerveuses dans les cornes antérieures ». Or, quelle est l'explication de ce fait? L'absence de ces groupes de cellules résulte-t-elle d'une destruction produite par une cause pathologique ou bien d'un défaut de formation produit par une cause tératogénique? Évidemment, le défaut de formation de certains éléments rend beaucoup mieux compte des faits que leur destruction consécutive à une lésion pathologique; car j'ai peine à comprendre comment des éléments aussi complexes que des cellules nerveuses pourraient disparaître complètement sans laisser aucune trace de leur existence antérieure.

« Le défaut de formation de certains éléments du système nerveux dans certains cas de pied bot congénital est d'ailleurs parfaitement en rapport avec les modifications du système nerveux central qui ont été constatées dans les ectromélies. C'est ainsi que, depuis longtemps, Serres et Tiedemann ont constaté l'absence du renflement cervical de la moelle dans certains cas d'ectromélie bithoracique, et que plus récemment M. Troisier a constaté l'absence de ce renflement dans un cas d'ectromélie unithoracique. Broca a constaté de pareils faits dans le cerveau lui-même. Le cerveau d'un homme atteint d'ectromélie bithoracique lui a présenté sur chaque hémisphère *une atrophie très prononcée de la première portion de la circonvolution frontale ascendante, de la première portion de la circonvolution frontale, et enfin du lobule ovalaire*. Or, peut-on admettre que ces

[1] *Archives de Physiologie*, 1872.
[2] *Archives de Physiologie*, 1872.
[3] Thorens. *Thèse de Paris*, 1873.

atrophies partielles du cerveau et de la moelle épinière seraient la cause de l'ectromélie? Pour ma part, j'ai la conviction que ces atrophies sont la conséquence et non la cause de la monstruosité. La formation du système nerveux, comme celle du système vaculaire, est sous la dépendance des organes auxquels ils apportent l'innervation et le sang. Si les organes se forment d'une manière incomplète, s'ils sont plus ou moins arrêtés dans leur développement, ces modifications de l'évolution retentissent, si l'on peut parler ainsi, dans le système nerveux lui-même.

« Cette dépendance où se trouve le système nerveux des organes auxquels il apporte l'innervation est d'ailleurs bien prouvée par les faits d'atrophie partielle des centres nerveux qui se produisent consécutivement aux sections des nerfs et aux amputations. »

NOTE D.

Mes recherches ne m'ont rien appris sur l'origine des diverses anomalies que l'on désigne sous le nom d'*hermaphrodismes*. Cela tient à deux causes : d'abord à l'époque de l'évolution où ces observations ont été faites, et qui précède l'époque plus tardive où ces anomalies pouvaient se former; ensuite à l'état rudimentaire des organes extérieurs de la reproduction chez les oiseaux, par suite duquel un certain nombre d'anomalies des organes reproducteurs ne peut pas se produire dans cette classe.

Du reste, l'origine de ces diverses monstruosités chez les mammifères et chez l'homme, où elles ont été principalement observées, peut aujourd'hui s'expliquer très facilement par des considérations théoriques déduites des connaissances nouvellement acquises sur l'évolution des organes reproducteurs.

On a considéré, pendant longtemps, l'appareil reproducteur mâle et l'appareil reproducteur femelle comme des appareils essentiellement distincts et présentant seulement entre eux les rapports d'harmonie nécessaires à l'accomplissement de leurs fonctions.

Lorsqu'Et. Geoffroy Saint-Hilaire chercha à démontrer l'unité de composition, il fut conduit à penser que les appareils reproducteurs présentaient non seulement des rapports d'harmonie, mais encore des rapports d'analogie. Il chercha donc à retrouver dans les deux sexes un ensemble d'organes communs, modifiés uniquement au point de vue fonctionnel.

C'est en partant de cette notion de l'unité fondamentale des appareils reproducteurs dans les deux sexes qu'Is. Geoffroy Saint-Hilaire chercha à expliquer les différentes formes de l'hermaphrodisme. Mais il n'y réussit qu'en partie, parce que l'observation de ces appareils dans l'âge adulte ne donne que des indications très imparfaites sur leurs véritables analogies.

On pensait alors que toutes les parties de la reproduction se répètent d'un sexe à l'autre. On considérait les ovaires comme représentant les testicules; les oviductes, chez les oiseaux; les trompes, la matrice et le vagin, chez les mammifères, comme représentant les canaux déférents; le clitoris comme représentant le pénis; et l'on admettait que ces diverses parties avaient une origine commune, mais pouvaient, suivant les circonstances, revêtir une forme mâle ou femelle. Dans l'état normal, toutes ces parties revêtiraient uniformément le caractère mâle ou femelle. Dans les hermaphrodismes, chaque partie de l'organe reproducteur pourrait revêtir, isolément, un caractère sexuel particulier et contraire à celui des autres parties.

Cette théorie explique un certain nombre de cas d'hermaphrodismes.

Il est bien évident, par exemple, que les organes érectiles ont la même origine dans les deux sexes. Tout arrêt de développement du pénis aura pour résultat de donner un caractère féminin aux organes extérieurs de la génération. Tout excès de développement du clitoris leur donnera, au contraire, un caractère masculin.

Ces faits sont connus depuis longtemps. Il est inutile d'y insister. On sait, d'ailleurs, que les arrêts de développement du pénis s'accompagnent fréqemment d'un arrêt de développement du testicule, qui ne descend point dans le scrotum, et que le testicule, retenu au-dessus de l'anneau inguinal, n'acquiert jamais la propriété de produire les Spermatozoïdes, comme cela résulte des recherches de mon regrettable ami, le docteur Godard[1]. On sait aussi que les ovaires peuvent sortir par les anneaux inguinaux et simuler les testicules; ce fait, toutefois, ne parait pas s'être présenté dans les cas où le clitoris, affecté d'un excès de développement, revêtait les caractères du pénis. Dans tous ces cas, l'explication de l'anomalie ne soulève aucune difficulté.

Cette théorie paraissait s'appliquer également, avec assez de facilité, aux cas d'hermaphrodisme latéral, dans lesquels les segments profonds et moyens de l'appareil reproducteur sont mâles d'un côté, femelles de l'autre.

Mais il y a des cas beaucoup plus complexes dans lesquels on a constaté la coexistence, d'un même côté du corps, et même des deux côtés, d'organes mâles et femelles. La coexistence des canaux déférents avec le vagin, la matrice et les trompes a été observée plusieurs fois, quoique rarement. Plus rarement encore on a signalé la coexistence, d'un même côté, de l'ovaire et du testicule.

Ces faits étaient entièrement inexplicables, jusqu'au moment où une brillante découverte anatomique de J. Müller a prouvé que les canaux excréteurs des glandes génitales n'ont pas la même origine dans les deux sexes, et qu'ils ne peuvent, par conséquent, être considérés comme des organes analogues. Les canaux déférents résultent de la transformation des canaux excréteurs des corps de Wolff. Les oviductes proviennent de cordons que J. Müller a découverts et qui, d'abord pleins, se transforment en un canal. C'est ce qu'on appelle les *filaments* ou *conduits* de Müller. Ces parties coexistent dans les embryons des deux sexes. Seulement, il arrive que, dans le sexe mâle, le filament de Müller reste arrêté dans son développement. Nous savons seulement que ces filaments, qui s'unissent dans leur partie inférieure, persistent pendant toute la vie, au moins chez certains mammifères mâles, et peut-être chez tous, dans un état rudimentaire. Ils forment alors ce qu'on appelle la *vésicule prostatique*, ou, comme on le dit aujourd'hui, l'*utérus masculin*. Dans le sexe femelle, les filaments de Müller prennent, au contraire, un développement considérable Chez les oiseaux, ils deviennent l'oviducte. Chez les mammifères ils se compliquent plus encore, et donnent naissance à un canal divisé en trois parties: le vagin, l'utérus et la trompe. Distinctes dans quelques espèces, ces parties se conjoignent, dans le plus grand nombre, pour former un vagin unique et un utérus unique. Au contraire, les conduits excréteurs du corps de Wolff disparaissent plus ou moins complètement chez les femelles; dans quelques espèces seulement, ils persistent pendant toute la vie et forment ce que l'on appelle les *canaux* de Gartner[2].

La connaissance de ces faits donne l'explication complète de tous les cas d'hermaphrodisme où l'on observe la coexistence de parties mâles et femelles dans le segment moyen de l'appareil reproducteur, qu'il y ait ou qu'il n'y ait pas excès

[1] Godard. *Études sur la monorchidie et la cryptorchidie chez l'homme;* dans les *Mémoires de la Société de Biologie*, 2e série, t. III, 1856.

[2] J. Muller. *Bildungsgeschichte der Genitalien*, 1830.

dans le nombre des parties. En effet, tout dépend, dans ces cas, du développement égal et simultané des conduits excréteurs des corps de Wolff ou des conduits de Müller. Si le canal du corps de Wolff se développe seul d'un côté, tandis que le conduit de Müller se développe seul de l'autre côté, on a l'hermaphrodisme latéral simple. Mais le conduit du corps de Wolff et le conduit de Müller peuvent se développer simultanément d'un même côté; ils produisent par conséquent un canal évacuateur mâle et un canal évacuateur femelle. Le même fait peut se produire des deux côtés à la fois.

Une autre forme d'hermaphrodisme, beaucoup plus rare, consiste dans la coexistence, d'un côté ou même de deux, de l'ovaire et du testicule.

Ces faits sont excessivement rares et ne sont pas encore scientifiquement établis, par suite de l'absence de détails histologiques. Toutefois on ne doit pas les révoquer en doute d'une manière absolue. Ne peut-on pas penser que la glande sexuelle serait à son origine formée de deux parties, l'une destinée à la production de l'élément mâle, l'autre à la production de l'élément femelle de la génération, mais que, dans l'état normal, une seule de ces parties serait susceptible de se développer et d'acquérir l'organisation définitive d'un testicule ou d'un ovaire. Dans certains cas d'anomalies, les deux parties de la glande sexuelle pourraient se développer et produire à la fois un organe mâle et un organe femelle. C'est là l'organisation normale des poissons qui appartiennent au genre Serran.

Cette hypothèse s'accorde parfaitement avec certains faits observés chez les mollusques. On rencontre, soit dans la classe des gastéropodes, soit dans celle des acéphales, la séparation des sexes et leur réunion dans des groupes très voisins. Lorsque les sexes sont réunis, il y a ce qu'on appelle la *glande hermaphrodite* qui produit des spermatozoïdes dans certaines parties et des ovules dans d'autres. Or, l'observation a montré que les lobes mâles et les lobes femelles de la glande hermaphrodite ne sont pas toujours également répartis, et que l'on peut arriver par une série de transitions depuis l'égalité à peu près complète entre les éléments des deux sexes, jusqu'à la prédominance à peu près exclusive de l'un d'eux dans la glande. C'est ce que M. de Lacaze-Duthiers a indiqué depuis longtemps pour certains mollusques acéphales et particulièrement pour les huîtres. « Pour nous, il paraît démontré que les glandes se développent dans des proportions variables; que tel individu est plus mâle que femelle; enfin que, dans d'autres cas, il y a égalité [1]. »

Nous devons espérer que les progrès de l'embryogénie des animaux supérieurs nous donneront prochainement l'explication de ces faits, comme ils nous ont donné déjà l'explication des cas d'hermaphrodisme caractérisés par la coexistence d'organes mâles et femelles dans le segment moyen de l'appareil de la reproduction.

NOTE E.

Le type tératologique que Joly a désigné sous le nom de *Chélonisome*[2] est l'un des plus étranges de la famille des monstres simples Célosomiens. La description que Joly a donnée du Chélonisome qu'il avait observé est malheureusement incomplète, car il n'avait pu étudier lui-même que le squelette, et il ne connaissait les viscères thoraciques et abdominaux que par une très courte note qu'il

[1] Lacaze-Duthiers. *Organes génitaux des Acéphales lamellibranches; Ann. des Sc. nat. zool.*, 4e série, t. II, p. 236.

[2] Joly. *Mémoire sur deux genres nouveaux de monstres Célosomiens que l'auteur propose de désigner sous les noms de* Chélonisome *et de* Streptosome; dans les *Annales des Sciences naturelles*, 3e série. Zoologie. T. III, p. 374. 1845.

devait à un vétérinaire. J'ai eu, pendant mon séjour à Lille, l'occasion de disséquer deux de ces monstres : l'un qui m'avait été remis par le musée de Lille, où j'avais placé son squelette; l'autre que j'avais observé au Musée de Douai, où j'avais obtenu de son directeur, le regretté Deleplanque, la permission de le disséquer, et où son squelette existe peut-être encore. Je ne puis malheureusement pas retrouver les notes que j'avais prises en disséquant ce dernier monstre. Quant à celui du Musée de Lille, j'en avais fait une description restée inédite et que je crois devoir résumer ici, par suite de l'intérêt considérable qui se rattache à l'histoire de ces monstres.

Voici comment Joly caractérisait ce type : *Eventration médiane, thoracique et abdominale ; division complète du sternum en deux moitiés ; organes génitaux très incomplets ; omoplates, bassin et queue renfermés dans un thorax formé par des côtes redressées, dont quelques-unes sont intimement soudées entre elles.*

Le Chélonisome que j'ai disséqué à Lille ressemblait, à bien des égards, à celui que Joly a décrit. Ce qui caractérise essentiellement ces monstres, c'est que les côtes sont redressées en sens inverse de leur position naturelle, et qu'elles maintiennent ainsi écartés les éléments des demi-sternums qu'elles portent à leurs extrémités. Du reste, il y avait une différence notable entre le monstre de Joly et le mien. Dans le monstre de Joly, la tête avait conservé sa position naturelle, tandis que le bassin et la queue étaient renversés et avaient pris place dans une énorme gouttière supérieure formée par le redressement des côtes. Le monstre que j'ai disséqué présentait une disposition toute contraire; la tête, complètement renversée, occupait presque toute l'étendue de cette gouttière, tandis que le bassin et la queue conservaient à peu près leur disposition naturelle.

La peau cessait par une limite nettement tranchée à la partie antérieure de la poitrine et à la partie postérieure de l'abdomen. Dans toute cette région, elle était remplacée par une membrane transparente, qui avait été déchirée ou coupée dans son milieu. Je n'ai donc rien pu savoir sur l'existence du cordon ombilical, qui devait être excessivement court, et sur ses rapports avec le placenta. Il y aurait eu là assurément des faits intéressants à connaître. Mais c'est une lacune que présentent presque toutes les observations tératologiques.

Les viscères formaient donc une énorme tumeur herniaire revêtue par une membrane transparente. J'ai trouvé, dans sa partie antérieure le thymus très développé, le cœur, les poumons, l'estomac, la rate, le foie avec un commencement d'intestin grêle qui avait été coupé et dont la longueur, au dessus de la section, était de 30 centimètres. Tous ces organes présentaient leur conformation normale, à l'exception du cœur caractérisé par la persistance du trou de Botal. J'ai constaté également la persistance du canal artériel.

Le diaphragme faisait complètement défaut.

Dans la région abdominale, j'ai trouvé l'extrémité postérieure du gros intestin qui se terminait en cul de sac. Toute la partie moyenne du tube digestif avait été enlevée. Je n'ai pas trouvé de vessie. Il y avait, au côté gauche, un rein et un uretère, un testicule et un canal déférent, un corps caverneux. Aucune de ces parties n'existait au côté droit. Le pénis, complètement distinct du corps caverneux unique, se présentait sous la forme d'un simple appendice cutané, creux dans son intérieur et présentant deux trayons dans son voisinage.

Cette observation, que l'enlèvement de certaines parties rend très incomplète — car nous ne pouvons savoir si la vessie avait été enlevée avec la partie médiane de l'intestin, ou si elle avait fait complètement défaut — a cependant un grand intérêt par suite du développement inégal de la moitié gauche et de la moitié droite.

Le squelette présentait des particularités très intéressantes par suite des soudures multiples qui s'étaient produites dans certaines de ses parties, soudures

résultant des courbures anomales de la colonne vertébrale qui avaient mis en contact des parties ordinairement distinctes. Il y avait d'abord, dans le sens de la longueur, une première courbure à concavité supérieure, courbure qui rapprochait un peu les régions cervicales et la région sacrée. De plus, il y avait une courbure latérale, dont la concavité était tournée à droite. Cette concavité de la colonne vertébrale du côté droit et, par suite, son moindre développement était évidemment en rapport avec l'absence de certains organes du côté droit de l'abdomen.

Il résultait de l'existence de la première courbure de la colonne vertébrale que tous les corps des vertèbres étaient complètement distincts, tandis que les parties supérieures, comme les lames et les apophyses épineuses, présentaient de nombreuses soudures et formaient ainsi des organes nouveaux et plus ou moins compliqués. Je n'en donnerai point ici la description qu'il serait difficile de comprendre sans figures. Je ferai seulement remarquer que, pour un certain nombre de vertèbres, les lames qui forment la paroi supérieure de l'arc vertébral ne provenaient pas toujours du même corps, mais qu'elles appartenaient parfois à deux corps distincts. C'est, je crois, la première fois qu'une pareille disposition est signalée.

Les côtes étaient complètement relevées. La sixième et la septième côtes gauches étaient soudées dans presque toute leur étendue.

A gauche les cartilages costaux se réunissaient en formant deux masses distinctes; à droite, tous étaient réunis et formaient une masse unique. Ces masses cartilagineuses portaient les demi-sternums; il y avait deux pièces sternales à gauche; une seule à droite.

Déviations des doigts, plus ou moins comparables à celles des pieds bots.

J'ai cru devoir donner ces détails sur le Chélonisome que j'ai disséqué à Lille, pour montrer comment en tératologie, lorsqu'un type s'est produit, on peut être certain qu'il se produira de nouveau, un jour ou l'autre. Ils sont complètement d'accord avec mes idées sur la formation de beaucoup de monstruosités par des pressions extérieures. Les courbures de la colonne vertébrale et l'inflexion de la tête ne peuvent s'expliquer autrement. Il reste seulement à savoir ce qui a produit le singulier redressement des côtes. Je rappellerai d'ailleurs que les lames latérales, point de départ des paroi thoraco-abdominales, sont primitivement étalées sur le jaune. Mais pourquoi se renversent-elles en dehors, au lieu de s'infléchir au-dessous de l'embryon?

NOTE F.

Je reproduis ici textuellement une note que j'ai adressée à l'Académie des Sciences, dans sa séance du 20 mars 1865, et qui a été publiée dans les *Comptes rendus*, t. LX, p. 562, 1865. Elle montre que, dès cette époque déjà ancienne, j'étais en possession de la théorie générale des monstres doubles que j'ai exposée dans mes publications postérieures.

Recherches sur les œufs à double germe et sur les origines de la duplicité monstrueuse chez les oiseaux.

« La coexistence de deux embryons sur un vitellus unique, signalée par Wolff au siècle dernier, a été constatée, à plusieurs reprises, par plusieurs physiologistes et par moi-même. Bien que ces faits soient encore très peu nombreux, leur étude attentive et leur comparaison m'ont prouvé qu'ils se rattachent à deux

phénomènes très différents, quant à leur nature, quant à leur origine, et quant aux phénomènes physiologiques dont ils sont le point de départ.

« Dans le premier cas, on rencontre, aux premiers jours de l'incubation, deux blastodermes distincts complètement séparés l'un de l'autre et présentant chacun à son centre une aire transparente. Plus tard, si rien ne vient arrêter leur développement, ces blastodermes se soudent par leurs bords et constituent un blastoderme unique, mais résultant de la fusion de deux blastodermes primitivement distincts. Chaque aire transparente peut alors donner naissance à un embryon, et chacun de ces embryons s'enveloppe d'un amnios qui lui est propre. Ces deux embryons restent ainsi complètement séparés, n'ayant entre eux d'autre union que l'union médiate primitive qui s'opère par le vitellus, puis une seconde union médiate, qui peut s'opérer consécutivement à leur formation, par la fusion des aires vasculaires, lorsqu'elles arrivent à se rencontrer.

« Dans le second cas il n'existe qu'un seul blastoderme, et, dans ce blastoderme, qu'une seule aire transparente, ne présentant pas, il est vrai, la disposition normale, et remarquable par sa forme irrégulière. Les deux embryons qui se développent dans cette aire transparente unique, mais irrégulière, donnent naissance à une aire vasculaire unique, mais formée, au moins partiellement, des éléments de deux aires vasculaires normales, et ils s'enveloppent dans un amnios unique.

« Les deux embryons ainsi développés sur une aire transparente commune restent, dans certains cas, complètement isolés l'un de l'autre, en ce sens du moins qu'ils ne sont unis que par l'union médiate qui résulte de la communauté du vitellus. Et alors, tantôt ils sont l'un et l'autre conformés d'une manière normale; tantôt, comme j'ai eu l'occasion de l'observer, l'un des deux est incomplètement développé et constitue un monstre acéphale. Dans d'autres cas, les deux embryons s'unissent d'une manière immédiate et produisent un monstre double. Cette union et alors tantôt précoce et tantôt tardive.

« L'origine de ces deux sortes de coexistence de deux embryons sur un vitellus unique est bien évidente. Dans le premier cas, l'œuf contient, avant l'incubation, deux cicatricules distinctes; dans le second, elle n'en contient qu'une seule.

« Les conséquences physiologiques de ces deux dispositions sont très remarquables. On ne croit plus aujourd'hui que la duplicité monstrueuse résulte de la fusion de deux embryons développés sur des vitellus distincts, et on admet que la coexistence de deux embryons sur un vitellus unique est le point de départ de tous les cas de duplicité monstrueuse. Mes recherches sur ce sujet me permettent actuellement d'aller plus loin, et d'affirmer que pour qu'il y ait formation d'un monstre double il ne suffit pas qu'ils naissent sur un vitellus unique, il faut encore qu'ils naissent sur une aire transparente unique ou, en d'autres termes, sur un blastoderme provenant d'une cicatricule unique.

« On arrive donc ainsi à déterminer une condition très importante de la formation des monstres doubles; toutefois, il nous reste encore à savoir pourquoi, dans certains cas, les deux embryons se développent séparément, tandis que, dans d'autres, ils s'unissent pour former un monstre double. Mes observations ne m'ont encore rien appris à ce sujet. Cette question se rattache d'ailleurs à une autre question plus générale. Cette cicatricule unique, qui donne ainsi naissance tantôt à deux embryons séparés et tantôt à deux embryons réunis, est-elle simple et complètement semblable aux cicatricules ordinaires, ou bien résulte-t-elle de la fusion précoce de deux cicatricules ou de deux germes primitivement distincts? Depuis que M. Balbiani nous a montré comment le germe se constitue dans l'ovule, nous devons nous demander si certains ovules ne contiendraient pas une cicatricule simple en apparence, mais formée par la fusion de deux ger-

mes primitivement distincts. La coexistence de deux germes dans un seul ovule est d'ailleurs complètement prouvée par la coexistence de deux cicatricules séparées sur un vitellus unique.

« J'ai eu récemment occasion d'observer un œuf très singulier qui m'a offert une disposition nouvelle, mais qui s'expliquait parfaitement par la combinaison des deux cas que je viens d'indiquer. Ici, sur un blastoderme unique, et dans une aire vasculaire unique, mais de forme très anormale, il y avait deux aires transparentes. Une de ces aires était normale et présentait un embryon normal; l'autre, de forme irrégulière, présentait deux embryons, l'un normal et l'autre anormal. Ce fait, très complexe en apparence, s'explique, de la manière la plus simple, par la coexistence, sur un même vitellus, de deux cicatricules distinctes, l'une normale, l'autre appartenant à cette catégorie de cicatricules que je suppose formées par la fusion de deux germes. Le développement de ces cicatricules sous l'influence de l'incubation aura donné naissance au blastoderme unique. »

NOTE G.

Le genre Xiphopage d'Is. Geoffroy Saint-Hilaire doit être divisé en deux genres distincts : l'un auquel je conserverai le nom de *Xiphopage*, l'autre que je désigne sous le nom de *Thoracopage*. Le nom de Thoracopage a été appliqué par Förster à tous les monstres doubles à doubles poitrines et à têtes séparées. J'ai cru devoir l'appliquer d'une manière restreinte à certains des Xiphopages d'Is. Geoffroy Saint-Hilaire.

Cette séparation avait été d'ailleurs prévue par le savant auteur du *Traité de Tératologie*, car il avait constaté des différences notables dans le squelette de ses Xiphopages, et il ajoutait cette phrase significative : « Doit-on penser que les viscères doivent présenter la même disposition chez tous les Xiphopages, aussi bien chez ceux où la jonction ne s'étendrait pas au delà des extrémités xiphoïdiennes, que chez ceux où il y aurait fusion d'une partie notable des deux sternums? »[1]. Mais Is. Geoffroy Saint-Hilaire n'avait pu aller plus loin, faute d'un ensemble de notions précises sur l'organisation de ces monstres.

Mon attention a été appelée sur ce sujet en 1882 par une lettre du Dr Bugnion, de Lausanne, qui me demandait des explications sur l'organisation d'un monstre xiphopage dont il avait séparé les deux sujets composants par une opération chirurgicale. Ces deux êtres périrent à la suite de l'opération. L'autopsie montra qu'aucun des deux ne présentait d'hétérotaxie[2]. Ce fait semblait en contradiction avec la théorie de Serres, sur la nécessité de l'inversion de l'un des sujets composants dans la monstruosité double; théorie que j'ai toujours soutenue, mais en restreignant son emploi à l'explication des monstres doubles à double poitrine et à têtes séparées, c'est-à-dire aux Monomphaliens.

Reprenant la question à l'aide de tous les faits que j'ai pu recueillir dans les auteurs, je suis arrivé à reconnaître que cette difficulté disparaît quand on divise les Xiphopages en deux groupes distincts par leur organisation et par leur mode de formation.

Le premier de ces groupes est celui des Thoracopages.

Les monstres qui appartiennent à ce groupe présentent une organisation de la

[1] *Traité de Tératologie*, t. III, p. 84.

[2] Biaudet et Bugnion. *Histoire d'un Monstres xiphopage*; dans la *Revue médicale de la Suisse romande*. 1882, n° 3.

poitrine et des organes qui y sont contenus tout à fait comparable à celle que Serres a si admirablement décrite dans son travail sur *Rita Cristina*. Sans doute, dans la classification d'Is. Geoffroy Saint-Hilaire, *Rita Cristina* appartenait à un autre genre, celui des Xiphodymes. Mais la distinction entre ces deux genres consiste uniquement dans la dualité complète de la région sous-ombilicale chez les Xiphopages que je désigne sous le nom de Thoracopages, et dans l'unité plus ou moins complète de cette même région chez les Xiphodymes. La région sus-ombilicale est chez tous ces monstres conformée de la même manière. La disposition des parois thoraciques est extrêmement curieuse. Dans toute la région supérieure, chaque cage thoracique osseuse appartient exclusivement à chacun des sujets composants, tandis que, dans la région inférieure, les sternums de chaque sujet se divisent en deux moitiés qui viennent s'unir sur le plan d'union avec les deux moitiés correspondantes du sternum de l'autre sujet[1].

Dans cette double cavité thoracique, les organes appartiennent à chacun des sujets, mais ils sont disposés de telle façon que l'un des sujets étant normal, l'autre est inverse. C'est ce qui arrive pour les cœurs. Il n'y a de commun qu'une partie de l'intestin grêle.

La formation de ces monstres résulte évidemment de l'inversion de l'un des sujets, c'est-à-dire de la sortie de l'anse cardiaque à la gauche du sujet droit; tandis que l'anse cardiaque du sujet gauche sort à sa droite.

Il est bien évident que la viabilité de ces monstres, prouvée par le fait de *Rita Cristina*, est plus ou moins compromise par la fusion, bien que peu complète, des deux sujets composants. D'ailleurs, dans ces cas, bien que les deux cœurs soient distincts, ils peuvent être atteints d'arrêts de développement plus ou moins incompatibles avec la vie.

Les monstres auxquels je crois devoir réserver exclusivement le nom de Xiphopages ont, au contraire, une organisation bien différente, quoique assez semblable en apparence. Ici les deux sujets composants sont complètement distincts dans toute leur étendue. La région commune qui s'étend depuis la partie inférieure des sternums jusqu'à l'ombilic ne présente aucune fusion d'organes entre les deux sujets. Il y a seulement union entre les appendices xiphoïdes, qui sont même, dans certains cas, séparés par une véritable articulation; puis, entre les foies des deux sujets qui sont attachés l'un à l'autre par une traînée de matière organique qui paraît contenir au début les éléments même du foie, puis se transformer plus tard en une bande fibreuse. Dans ces conditions, les deux sujets sont normaux, et il n'y a pas dans l'un d'eux une inversion des viscères.

Ces faits résultent de l'autopsie des frères Siamois qui appartenaient au type des véritables xiphopages ; ils résultent également de l'autopsie des sujets composants du monstre observé par M. Bugnion.

Ces faits anatomiques me paraissent établir très nettement que la véritable Xiphopagie a un mode d'origine tout autre que la Thoracopagie. En effet, cette dernière, comme la Sternopagie, résulte de la position anormale de l'anse cardiaque de l'un des sujets : elle est donc contemporaine de la formation du cœur. Au contraire, dans la Xiphopagie, il n'y a pas d'inversion dans l'un des sujets. Il faut donc admettre que sa formation est plus tardive, et qu'elle est postérieure à la formation du cœur.

M. Bugnion se demande comment, en l'absence d'inversion chez l'un des sujets, l'union peut cependant avoir lieu. A cette question je ne puis répondre que d'une manière théorique, faute d'observations personnelles. Mais j'ai déjà fait remar-

[1] Voir le *Mémoire* de Serres, et le *Traité de Tératologie*, t. III, p. 162. Le nom de *Xiphodyme* doit être remplacé par celui de *Thoracodyme*.

quer[1] que l'embryon peut parfois se retourner sur le jaune, en se plaçant sur le côté droit au lieu de se placer sur le côté gauche, postérieurement à la formation du cœur. Deux embryons, d'ailleurs bien conformés, peuvent ainsi, à un moment donné, se faire face l'un à l'autre par les régions antérieures de leur corps, s'ils sont tous les deux placés sur le jaune en sens inverse.

Il resterait à savoir comment se produit l'union des appendices xiphoïdes, et celle des foies. Ici nous sommes obligé d'attendre qu'une rencontre heureuse vienne nous mettre sur la voie.

Cette rectification que je crois nécessaire, de la classification tératologique d'Is. Geoffroy Saint-Hilaire, n'est pas seulement intéressante au point de vue théorique; elle a encore une grande importance parce qu'elle peut éclairer un point curieux de chirurgie.

Peut-on justifier, en effet, les tentatives que l'on a faites, à diverses reprises, pour séparer, par une opération, les deux sujets d'un Xiphopage? J'ai déjà mentionné la tentative infructueuse de M. Bugnion. Mais son insuccès est-il attribuable à l'opération elle-même, ou à quelque condition qu'il m'est impossible de déterminer.

Or, il paraît qu'une opération de ce genre, suivie de succès, avait été faite en 1689 par un chirurgien nommé Kœnig[1]. Mais, sans aller aussi loin, un autre chirurgien nommé Bœhm a publié, en 1866[2], le récit d'une opération de ce genre qu'il avait pratiquée sur ses propres filles. L'une d'elles mourut quelques jours après l'opération, l'autre vivait encore cinq ans après.

En mentionnant ces faits je ne prétends, en aucune façon, conseiller aux médecins l'opération chirurgicale de la séparation des sujets composants d'un Xiphopage. Il est bien clair que les types tératologiques ne sont pas caractérisés d'une manière tellement nette que l'on puisse nécessairement conclure de l'organisation d'un monstre appartenant à un certain type, à l'organisation d'un autre monstre appartenant au même type. En pareille matière, on ne doit la décider que par un examen très attentif du sujet sur lequel on voudrait tenter l'opération. N'oublions pas cependant que les progrès de la chirurgie et particulièrement l'emploi des méthodes antiseptiques permettent aujourd'hui de tenter des opérations devant lesquelles on aurait reculé pendant bien longtemps.

Au contraire, toute tentative de ce genre doit être absolument rejetée pour les Thoracopages. Les détails que je viens de donner sur leur constitution anatomique le démontrent surabondamment.

[1] Kœnig. *Gemelli sibi invicem adnati feliciter separati;* dans les *Ephemerid. nat. curios.* 1689, obs. 145.

[2] Boehm. *Ein Fall verwachsener Zwillingsfrüchte (xiphopagi) glücklich operativ getrennt,* dans *Virchow's Archiv.* 1866. T. XXXVI, p. 152.

RÉSUMÉ GÉNÉRAL

Les faits que j'ai décrits dans ce livre sont entièrement nouveaux, à un très petit nombre d'exceptions près; ils résultent de l'étude et de la comparaison de plusieurs milliers d'embryons de poules dont j'ai provoqué l'évolution normale et tératologique à l'aide des procédés de l'incubation artificielle.

On trouvera dans l'Atlas la représentation d'un certain nombre de ces embryons. Je n'ai pas cru devoir les décrire en détail. J'aurais donné à mon livre des proportions excessives sans aucun profit réel. Dans toute œuvre de science, le public ne voit que les résultats acquis; il n'attache qu'un intérêt médiocre aux efforts successifs de l'auteur dans la recherche de la réalité. Je me suis donc borné à présenter les faits généraux qui ressortent de mes recherches, et à décrire le mode d'évolution, inconnu avant moi, de presque toutes les formes tératologiques observées chez les animaux vertébrés.

Je rappelle ici ces faits, en insistant surtout sur leurs conditions les plus générales qui font de la tératogénie une science à part, bien que liée intimement à la zoologie.

Le fait fondamental, *dominateur*, si l'on peut parler ainsi, de la tératogénie, c'est que les événements tératogéniques sont toujours la conséquence d'une modification de l'évolution embryonnaire. Ce fait, entrevu par Wolff et par Meckel, et ensuite plus complètement présenté par les deux Geoffroy Saint-Hilaire, n'avait encore été établi que par des considérations théoriques. Il est mis en pleine lumière par mes recherches, entièrement fondées sur l'observation. Je dois insister sur ce résultat; car, encore aujourd'hui, le fait fondamental de la tératogénie n'est pas apprécié comme il devrait l'être. Les savants qui ont occasion d'étudier les faits tératologiques sont presque tous des médecins, prédisposés par leurs études à les expliquer par l'intervention de causes pathologiques. Ils se représentent généralement la monstruosité comme résultant de la lésion accidentelle d'un organe primitivement bien conformé. C'était, je l'ai dit déjà, la théorie tératogénique de Lémery. Je n'ai pas cru devoir combattre cette doctrine par des arguments

directs, tirés des difficultés physiologiques souvent considérables qu'elle soulève dans ses applications à chaque type particulier. La meilleure réfutation de cette doctrine, c'était la constatation même du mode d'évolution des monstres. Elle est la conséquence la plus générale de tous les faits consignés dans ce livre.

J'ai eu d'ailleurs occasion d'étudier certaines maladies de l'embryon, et particulièrement l'hydropisie. Cette étude, sur laquelle j'ai réuni de nombreux documents, m'a prouvé que l'hydropisie embryonnaire, à laquelle on a attribué un si grand rôle dans la tératogénie, détermine toujours, lorsqu'elle atteint un certain degré d'intensité, la désorganisation et la mort. Les désordres qu'elle produit ne peuvent jamais se réparer, comme le prétendent les partisans des causes pathologiques en tératogénie.

L'apparition des anomalies et des monstruosités est donc uniquement le résultat d'une évolution modifiée. Mais, pour que les causes tératogéniques puissent exercer leur action, il faut nécessairement qu'elles agissent sur l'embryon lorsqu'il est capable de la subir, c'est-à-dire lorsqu'il est encore dans cette première période de la vie où l'organisme, entièrement constitué par des éléments organiques homogènes, ne présente pas la diversité de structure qui le caractérise plus tard, et qui est la condition essentielle de la manifestation des phénomènes physiologiques de l'âge indulte.

C'est alors qu'interviennent les deux procédés généraux de la tératogénie: l'arrêt de développement, fait initial de la monstruosité simple, et l'union des parties similaires, fait initial de la monstruosité double. Ces deux procédés, essentiellement différents dans leur nature, sont d'ailleurs fréquemment associés. L'arrêt de développement détermine parfois l'union des parties similaires dans les monstres simples. L'union des parties similaire qui produit la monstruosité double, est elle-même le point de départ de nombreux arrêts de développement frappant les diverses parties des organismes conjugués.

Les organes définitifs des êtres monstrueux apparaissent ainsi d'emblée, avec leurs caractères tératologiques, dans des blastèmes préalablement modifiés par la monstruosité.

Il résulte de cette condition générale de la tératogénie que les monstruosités se manifestent de très bonne heure. On les constate dans l'embryon de la poule pendant l'époque qui précède la sortie de l'allantoïde hors de la cavité abdominale, époque qui correspond aux quatre premières journées de l'incubation, lorsque la température est normale.

L'époque de l'apparition des monstruosités est d'ailleurs d'autant plus précoce que les modifications tératologiques sont plus graves. Cela est évident pour les monstruosités simples. J'ai montré comment la série des types de la monstruosité simple, dans la classification d'Is. Geoffroy Saint-Hilaire, reproduit très exactement, quand on la prend en sens inverse, l'ordre même de leur apparition dans l'évolution embryonnaire. Cela est également évident pour la monstruosité double. Les types de cette classe dans laquelle la fusion est la plus intense, c'est-à-dire ceux qui présentent l'unité plus ou moins complète de la colonne vertébrale, ne peuvent se produire que tout à fait au début des formations; aussi ce fait tératogénique est à peu près le seul qui ait échappé jusqu'à présent à mes observations.

Quelque diverses que soient les anomalies et les monstruosités simples, elles ont toujours, comme élément essentiel et primordial, un arrêt de développement. Tantôt cet arrêt de développement est entièrement local; il constitue, par conséquent, ce que l'on appelle une *hémitérie;* tantôt il porte sur une région tout entière et il détermine cette association de plusieurs hémitéries, qui forme ce que l'on appelle une *monstruosité*. Tous ces faits sont en réalité de même nature. Leur différence apparente dépend de l'intensité de la cause tératogénique, quelle qu'elle soit, comme je le prouverai dans un autre ouvrage.

Voici maintenant les faits de détail que j'ai découverts:

J'ai décrit les anomalies des annexes de l'embryon, sujet presque entièrement nouveau. J'ai fait connaître le développement du blastoderme sans embryon; le défaut de différenciation du disque embryonnaire en embryon et en feuillet vasculaire, anomalie que je considère comme l'origine de l'anidie; l'arrêt de développement des îles de sang, point de départ de l'hydropisie embryonnaire; la déformation elliptique du blastoderme et de l'aire vasculaire; les anomalies des vaisseaux artériels et veineux de l'aire vasculaire; les arrêts de développement de l'amnios, fait initial de la plupart des monstruosités embryonnaires; les arrêts de développement de l'allantoïde, cause principale de l'asphyxie et de la mort de l'embryon monstrueux.

J'ai vu que les monstruosités les plus graves, celles qui apparaissent les premières, les monstruosités omphalositiques, tiennent à une particularité organique particulière: l'absence de solidarité des diverses parties de l'organisme au début de l'évolution. J'ai montré que ces monstres, privés de cœur, sont voués à une mort très précoce dans tous les cas où ils ne se développent pas sur un vitellus unique avec

un frère jumeau bien conformé. On avait signalé avant moi l'existence de la gémellité dans ces monstres, mais on n'avait pas compris son rôle physiologique. On avait déjà vu que, par suite des connexions vasculaires établies entre les deux embryons, le cœur du jumeau bien conformé est le moteur de la circulation dans l'omphalosite. J'ai montré que ces connexions sont la cause de l'évolution de l'omphalosite qui peut continuer à vivre et à se développer tant qu'il est uni avec son frère jumeau; que la rupture de ces connexions au moment de la naissance fait périr nécessairement les omphalosites de la classe des mammifères; que leur conservation, au moment de l'éclosion, permet aux omphalosites de la classe des oiseaux de vivre aussi longtemps que le jumeau bien conformé; enfin, que l'union des deux frères jumeaux chez tous les embryons de cette classe les a fait prendre, jusqu'à mes recherches, pour des monstres doubles. La connaissance de ces faits m'a conduit à montrer quel est, au moins dans un certain nombre de cas, le mécanisme de la monstruosité par inclusion.

J'ai décrit le mode d'évolution des divers types des monstres simples autosites.

La triocéphalie et la cyclopédie résultent d'un arrêt de développement de la vésicule encéphalique antérieure, arrêt de développement qui tient à la fermeture précoce de la partie antérieure de la gouttière cérébro-spinale. Lorsque cette fermeture est très précoce et antérieure à la production, dans les bords de la gouttière, des parties qui deviendront les rétines, on observe le type de la triocéphalie. Lorsque les parties qui deviendront les rétines se sont constituées dans les bords latéraux, la fermeture précoce de la gouttière a pour résultat d'amener ces parties en contact; dans ce cas il ne se forme qu'une seule vésicule oculaire primitive, et on observe le type de la Cyclopie.

J'ai découvert le type nouveau et si étrange de l'omphalocéphalie ou hernie ombilicale de la tête. La formation de ce type s'explique par la pénétration de la tête dans l'angle rentrant formé par la réunion des deux bords antérieurs du feuillet vasculaire, bords qui s'unissent alors au-dessus de la tête, au lieu de s'unir en dessous. La tête est alors le plus souvent plus ou moins arrêtée dans son développement. Ces faits donnent l'explication de l'existence du cœur au-dessus du dos, que j'ai constatée deux fois dans mes expériences.

J'ai montré que les divers types de l'anencéphalie, de la pseudencéphalie et de l'exencéphalie résultent de la compression totale ou partielle des vésicules encéphaliques. La partie comprimée de ces vésicules

conserve dans le premier de ces types le caractère primitif de poche séreuse; elle se transforme dans le second en une tumeur vasculaire, résultant de la dilatation et de la vascularisation incomplète des îles de sang; elle se complète dans le troisième cas par la formation de la substance nerveuse.

J'ai observé le mode de formation de la célosomie, qui résulte, comme on l'avait soupçonné, du défaut de formation ou de l'arrêt de développement des parois thoraco-abdominales, et celui de l'ectromélie, simple arrêt de formation ou de développement des membres.

J'ai découvert le mode de formation de la symélie. Dans cette monstruosité l'arrêt de développement du capuchon caudal de l'amnios force les membres postérieurs à se retourner et à venir se conjoindre sur la ligne médiane.

J'ai montré que le défaut de formation ou l'arrêt de développement de l'amnios est, au moins dans le plus grand nombre des cas, la cause qui détermine la production de presque toutes les monstruosités simples, ce qui explique le fait si fréquent de l'association de plusieurs monstruosités sur un même sujet.

L'origine des hémitéries m'a beaucoup moins occupé, parce qu'elle est généralement plus tardive, et que d'ailleurs elle présente beaucoup moins de difficultés d'interprétation.

Toutefois j'ai constaté le fait de la dualité du cœur, anomalie dont l'existence était encore révoquée en doute, et je l'ai expliquée par un arrêt de développement. J'ai découvert que dans l'état normal le cœur est primitivement double et que les deux cœurs se conjoignent à une certaine époque pour former un organe unique, découverte d'autant plus remarquable qu'elle a eu son point de départ dans l'examen de faits tératogéniques.

J'ai montré également que les déviations congénitales de la colonne vertébrale et des membres sont le résultat d'un arrêt de développement de l'amnios.

Enfin j'ai découvert le fait initial de l'hétérotaxie, vaguement entrevu par Baer : la sortie de l'anse cardiaque à la gauche de l'embryon. C'est le seul fait de tératogénie simple où je n'aie point vu l'arrêt de développement comme fait initial.

J'ai constaté également un certain nombre de faits relatifs à l'origine de la monstruosité double.

J'ai étudié les conditions de la gémellité pour les embryons des

poulets. J'ai montré que la gémellité peut se produire dans trois conditions différentes : l'existence de deux jaunes dans une même coquille; l'existence de deux cicatricules sur un même jaune; la production de deux embryons, et parfois même de trois, sur une cicatricule unique. J'ai fait l'histoire physiologique de ces jumeaux, nés sur un même jaune et réunis par des connexions vasculaires. J'ai montré qu'ils se développent tantôt également et tantôt inégalement et que le jumeau mal conformé est alors un omphalosite, c'est-à-dire un monstre qui ne vit que de la vie de son frère. Enfin j'ai montré que ces jumeaux *univitellins* ne peuvent point se séparer, et qu'au moment de l'éclosion ils simulent un monstre double.

J'ai montré que la monstruosité double résulte, au moins dans un grand nombre de cas, de l'union et de la fusion de deux embryons produits sur une même cicatricule; ce qui m'a conduit à penser qu'il en est ainsi dans tous les cas.

J'ai décrit le mode d'union des deux embryons dans un certain nombre de types de la monstruosité double. Et d'abord j'ai fait connaître le mode de formation de l'amnios unique dans le cas où deux embryons se produisent sur une même cicatricule. Puis j'ai fait connaître le mode d'union des monstres doubles dont l'union est superficielle, puis celui des monstres doubles à union antérieure et à têtes séparées, en me fondant, il est vrai, sur une observation qui ne m'est pas personnelle et qui appartient à Allen Thomson. J'ai découvert le mode de formation des monstres doubles sycéphaliens, c'est-à-dire à union antérieure et à têtes réunies, et j'ai montré comment ces organisations, les plus étranges parmi celles de la monstruosité double, commencent par l'union des têtes, lorsqu'elles sont encore dans leur état primitif, puis se continuent par l'union des bords antérieurs du disque embryonnaire.

Il n'y a que les monstres doubles par union latérale sur l'origine desquels mes expériences ne m'ont encore rien appris; ce qui tient à leur origine très précoce. J'ai montré cependant qu'on peut s'en rendre compte par des considérations théoriques très simples. C'est la seule fois que j'ai dû faire intervenir l'hypothèse pour suppléer à l'absence d'observations.

Toutes les observations qui m'ont fourni les éléments de ces découvertes ont été faites sur des embryons de poule. Toutefois, ce n'est pas seulement la tératogénie de la poule, ou même la tératogénie des oiseaux, qui résulte de leur comparaison. Dans le nombre extrême-

ment considérable d'embryons monstrueux que j'ai étudiés, je n'ai rencontré qu'un type tératologique nouveau : celui de l'omphalocéphalie. Tous les types que j'ai observés ont pu être rattachés aux types décrits par Is. Geoffroy Saint-Hilaire dans son célèbre livre. Cependant, Is. Geoffroy Saint-Hilaire ne connaissait chez les oiseaux qu'un nombre de types tératologiques excessivement restreint. J'ai montré que la mort précoce des embryons monstrueux chez les oiseaux tient à deux causes pathologiques, l'anémie et l'asphyxie, qui les empêchent le plus ordinairement d'atteindre l'époque d'éclosion. Ces faits m'ont prouvé que les mêmes types tératologiques peuvent se produire dans tout l'embranchement des animaux vertébrés.

L'explication de ce fait général est bien simple. Elle résulte de la grande découverte de Baer sur la réalisation du type des animaux vertébrés dans tous les embryons qui appartiennent à ce premier embranchement du règne animal. Ils ont tous au début une forme commune et parcourent dans l'évolution plusieurs formes successives communes; ils peuvent donc tous être modifiés de la même façon, sous l'influence de causes tératogéniques. Plus tard, lorsque les différences commencent à se manifester, les types tératologiques ne peuvent se produire d'une manière générale et n'apparaissent plus que dans certaines classes. L'état actuel de l'embryogénie comparée ne me permet pas, pour le moment, d'aller au delà de cette simple indication. Mais j'ai la conviction qu'il n'y a plus qu'une question à résoudre pour transformer la tératogénie spéciale de la poule en tératogénie générale des amimaux vertébrés : celle de la constatation des types tératologiques dont la production est possible ou impossible dans chacune des subdivisions de cet embranchement.

Ainsi donc, les faits que j'ai déduits de mes expériences, bien que restreints aux embryons d'une seule espèce, ont une portée bien plus grande qu'on ne le croirait tout d'abord, puisque leurs résultats s'appliquent, d'une manière générale, à l'une des grandes divisions du règne animal. Ils forment un ensemble dont toutes les parties s'enchaînent entre elles par les liens d'une mutuelle dépendance. Comme je l'ai dit dans l'Introduction, on pourra y ajouter beaucoup de faits de détail; on n'y introduira pas de modifications essentielles.

Mais derrière tous ces faits que j'ai découverts, il y a un autre fait beaucoup plus général : c'est que j'ai produit moi-même les éléments de mes études : c'est que, sauf le cas particulier de la monstruosité double, j'ai provoqué l'apparition de tous les types tératologiques dont j'ai

fait connaître l'évolution, en modifiant les conditions extérieures qui déterminent l'évolution normale. De tous les résultats que j'ai obtenus, c'est celui auquel j'attache la plus grande importance, car il montre ce que l'on peut, ce que l'on doit attendre de l'intervention de la méthode expérimentale dans les questions, aujourd'hui si discutées, de la morphologie zoologique. Ce n'est pas en accumulant des hypothèses plus ou moins vraisemblables, aliment de discussions interminables et stériles, que l'on parviendra à déterminer l'origine des formes de la vie. Si le problème nous est accessible, s'il ne dépasse pas la portée de l'intelligence humaine, l'expérimentation seule peut fournir les éléments de solution. C'était la pensée d'Etienne Geoffroy Saint-Hilaire lorsqu'il cherchait à provoquer la formation des monstres. C'était aussi la mienne durant cette longue série de recherches que je viens d'accomplir en suivant la voie que ce grand naturaliste a ouverte, et qui m'a conduit à réunir les éléments de la tératogénie. J'ai le plus ferme espoir qu'elle sera pleinement justifiée par la science de l'avenir.

J'ai reproduit textuellement le résumé général de mes travaux, tel que je l'ai publié dans la première édition. Bien que je l'aie rédigé il y a quatorze ans, je n'ai rien à y changer. Mes nouvelles études ont complété, sur bien des points, les notions que j'avais tirées de mes études antérieures; elles ne les ont point modifiées. Elles m'ont permis seulement d'y ajouter deux nouveaux faits tératogéniques. L'un est la genèse de la fissure spinale, qui résulte le plus souvent de la non-fermeture partielle de la gouttière médullaire, ce que j'avais prévu depuis longtemps[1]. L'autre est le fait initial de l'otocéphalie, qui consiste dans la fermeture précoce de la vésicule de la moelle allongée.

Je dois toutefois signaler une lacune dans ce résumé, lacune volontaire, et que je puis combler aujourd'hui. Je n'y ai point parlé des procédés qui m'ont servi pour rendre les embryons monstrueux et me procurer les matériaux de mes études. C'est que ces procédés ont été pendant longtemps, purement empiriques. J'attendais, pour les faire connaître qu'il me fût possible de les établir sur une base scientifique. C'était un travail considérable, car il s'agissait de déterminer les conditions physiologiques et physiques de l'évolution des monstres et — ce qui n'est au fond qu'un seul et même problème — de l'évolution

[1] Voir la première édition, p. 109.

des embryons normaux. Je tentais une œuvre qu'aucun physiologiste n'avait entreprise avant moi : l'étude de l'influence du *milieu* sur l'organisme animal. Cette étude, poursuivie dès le début de mes recherches, a fini par me donner des résultats assurément incomplets, mais du moins scientifiquement établis.

La production des monstres simples[1] est la conséquence d'un trouble de l'évolution, trouble tantôt local et tantôt plus ou moins général, d'après l'intensité de la cause perturbatrice. Or ce trouble peut résulter de l'action des conditions les plus diverses, et sans qu'il soit possible d'établir, le plus ordinairement du moins, une relation constante entre une certaine anomalie et la cause qui l'a produite. Les procédés tératogéniques que j'ai employés me donnent donc une monstruosité quelconque, et non une monstruosité déterminée. Je considère que, dans l'état actuel de la science, il n'est pas possible d'aller plus loin.

Il y a des anomalies qui résultent d'une modification du germe antérieure à la ponte. Telles sont les anomalies héréditaires ; telles sont aussi les monstruosités doubles. Actuellement nous ne pouvons que les constater quand elles se produisent.

Le pouvoir de la science expérimentale ne commence qu'au moment de la ponte. Nous pouvons agir sur les germes pendant la période qui sépare la ponte de la mise en incubation; nous pouvons également agir sur eux, pendant l'incubation elle-même, par la modification des diverses conditions physiques qui, dans l'incubation artificielle, provoquent l'évolution du germe.

J'ai montré que le germe peut être modifié après la ponte et avant l'incubation. A cette époque, la vie du germe ne se manifeste que d'une seule manière : par son évolution lorsqu'il est soumis à l'incubation. Or la vitalité du germe ne disparaît pas subitement à une certaine époque ; elle diminue progressivement avant de cesser d'une manière complète. Il arrive alors un moment où le germe ne peut plus évoluer que d'une manière tératologique. Cette modification du germe peut d'ailleurs être déterminée par des actions extérieures, comme les secousses prolongées imprimées aux œufs.

L'incubation, et, par ce mot, j'entends l'incubation artificielle, car l'incubation naturelle échappe plus ou moins complètement à l'expérimentation scientifique, résulte du concours d'un certain nombre de causes extérieures au germe.

[1] Je ne parle ici que des monstres simples, parce que la science actuelle ne peut pas produire les monstres doubles.

La principale de ces causes est la chaleur.

J'ai étudié d'abord la thermométrie de l'incubation. Il y a des températures qui provoquent l'évolution du germe. J'ai établi l'échelle de ces températures, qui s'étend de 28 à 43°. Les températures inférieures à 28° n'ont point d'action sur le germe. Les températures supérieures à 43° le font périr.

Les températures qui donnent l'évolution normale s'étendent de 35° à 39°. Au-dessus et au-dessous, l'évolution est tératologique, et l'intensité de la monstruosité, si l'on peut parler ainsi, est en raison de l'intensité de l'élévation ou de l'abaissement de la température.

L'évolution sous l'influence des températures élevées est beaucoup plus rapide que l'évolution normale; elle est beaucoup plus lente sous l'influence des températures basses. Dans ces deux conditions, l'embryon périt de très bonne heure, d'autant plus rapidement que la température était plus élevée ou plus basse.

Tous ces faits se rattachent à des températures constantes. Il y avait lieu de rechercher les conséquences d'une élévation ou d'un abaissement de la température. Une élévation accidentelle de la température, lorsqu'elle a duré pendant un certain temps, amène la mort de l'embryon. Il n'en est pas de même pour une diminution accidentelle de la température. Ici se présente un fait physiologique très important que j'ai découvert.

L'abaissement prolongé de la température amène tôt ou tard, suivant son intensité, d'abord un ralentissement notable de toutes les actions vitales, puis leur suspension plus ou moins complète. Mais cette mort apparente n'entraîne pas toujours la mort réelle. La vie peut reprendre si l'on replace l'œuf dans les conditions qui déterminent son évolution. Fait d'autant plus curieux que la suspension de la vie et sa reprise n'avaient été signalées jusqu'à présent que chez les animaux inférieurs, à température variable et que l'on désigne, pour ce motif, sous le nom d'*animaux à sang froid*.

J'ai étudié l'action de l'échauffement inégal de la coquille sur l'évolution du germe. J'ai montré que l'on obtient, par ce procédé, des déformations du blastoderme et de l'aire vasculaire, d'autant plus remarquables que l'on peut les déterminer à l'avance. Dans ces conditions, l'embryon est souvent monstrueux, mais il présente alors une monstruosité quelconque, et non une monstruosité déterminée.

Une autre condition de l'évolution du germe est son oxygénation. Je n'ai pas fait d'études directes sur la respiration embryonnaire;

mais j'ai constaté que l'évolution peut être modifiée et produire des monstres lorsque l'on diminue partiellement la porosité de la coquille avec des vernis complets, ou totalement avec des vernis incomplets.

J'ai étudié l'influence de l'état hygrométrique de l'air sur l'évolution, et j'ai constaté que cette influence est ordinairement nulle. Toutefois lorsque l'air est saturé d'humidité, l'albumine se liquéfie, suinte au travers de la coquille, et gêne plus ou moins l'éclosion. Mais la très grande humidité de l'air peut exercer une action indirecte sur l'évolution, par suite d'un fait que j'ai découvert.

On avait signalé, à diverses reprises, l'existence de moisissures ou de microbes dans des œufs couvés ou non couvés. Mais ces faits avaient été considérés comme exceptionnels. J'ai reconnu que presque tous les œufs couvés dans l'air très humide se remplissent de moisissures et parfois, mais plus rarement, de microbes. Les études que j'ai faites à ce sujet m'ont conduit à penser que presque tous les œufs, sinon tous, contiennent dans leur albumine, dès le moment de leur formation dans l'oviducte, des germes de moisissures ou de microbes. Dans les conditions ordinaires, ces germes ne se développent point. Ils se développent, au contraire, en grande abondance lorsque l'air contient une quantité insolite de vapeur d'eau. Ces êtres étouffent le germe avant son développement, ou bien ils font périr l'embryon, souvent après l'avoir rendu monstrueux.

J'ai étudié l'influence de l'immobilité des œufs sur l'évolution du germe. J'ai constaté que, dans l'œuf immobile, elle peut être modifiée par la compression de l'embryon contre les parois de la coquille, à laquelle parfois il se colle. Mais l'immobilité amène presque toujours un arrêt de développement du blastoderme, qui ne se ferme pas sur le jaune, et, par suite, un arrêt de développement de l'allantoïde. Dans ces conditions, l'embryon ne peut pas éclore.

Toutes ces recherches font connaître très exactement les conditions de l'évolution normale et de l'évolution anormale de l'embryon; elles peuvent, par conséquent, servir de guide à toutes les personnes qui, par un motif quelconque, scientifique ou industriel, s'occupent de l'incubation artificielle. Il resterait maintenant à étudier les causes accidentelles qui pourraient, dans des conditions exceptionnelles, intervenir et produire des monstres. C'est une recherche dont je me suis peu occupé jusqu'à présent, et qui, par conséquent, ne m'a encore donné que peu de résultats. Mais je ne puis pas ne pas la signaler aux personnes qui voudraient s'occuper de tératogénie.

En effet, depuis que j'ai commencé mes recherches, je me suis souvent demandé quelles peuvent être les causes qui produisent les monstres chez les animaux vivipares et dans l'espèce humaine. Un des résultats les plus importants de mes études, c'est que les types tératologiques observés chez les oiseaux sont les mêmes que ceux que l'on observe chez les mammifères et chez l'homme; d'où cette conséquence que les faits tératogéniques sont les mêmes dans les deux classes. Mais quelles sont les causes qui produisent les monstres chez les animaux vivipares? Comment pouvons-nous comprendre leur intervention dans l'utérus, c'est-à-dire dans un milieu dont les conditions paraissent invariables? Aussi ne doit-on pas supposer que, chez les animaux vivipares, la production des monstruosités résulte, non d'une modification des conditions physiques qui déterminent l'évolution de l'être, mais de l'intervention accidentelle de causes perturbatrices encore inconnues? Je ne puis que poser la question, jusqu'au moment où une découverte inattendue viendra nous ouvrir une nouvelle voie de recherches.

ADDITIONS

Depuis l'impression de ce livre, j'ai eu l'occasion de faire des observations nouvelles relatives à l'action que les trépidations des chemins de fer exercent sur les œufs.

J'ai mentionné (p. 104) le fait d'œufs rapportés du Jardin d'Acclimatation par le chemin de fer (pendant un trajet de 10 kilomètres) dont les uns, mis en incubation immédiatement après mon retour, me donnèrent des blastodermes dans lesquels l'embryon avait péri de très bonne heure; dont les autres, mis en incubation trois jours après, donnèrent des embryons qui se développèrent d'une manière normale.

Cette observation m'avait conduit à admettre que les trépidations des chemins de fer exercent une action nuisible sur le germe, mais que cette altération du germe disparaît avec le repos.

J'ai voulu, il y a quelques années, reprendre cette observation; et pour cela je me suis placé dans les mêmes conditions que la première fois. Tous les œufs que je mis en incubation immédiatement après mon retour, produisirent des embryons parfaitement normaux. La seconde expérience, bien que faite exactement dans les mêmes conditions que la première, donnait donc un résultat absolument contraire.

Je ne savais comment expliquer cette contradiction, lorsque j'eus occasion, il y a deux ans, de faire une observation semblable à la première. J'avais fait venir par le chemin de fer une caisse d'œufs de Gambais, près de Houdan. Le trajet est de 63 kilomètres. Ces œufs étaient au nombre de 32. Je les mis en incubation à diverses reprises, après les avoir laissés reposer pendant trois jours à partir de leur entrée au laboratoire. Or je n'obtins d'embryons vivants et bien développés que de ceux qui s'étaient reposés pendant neuf jours. Tous ceux que j'avais mis dans les couveuses avant cette époque me donnèrent des embryons qui avaient péri de très bonne heure, et qui ne présentaient d'autre trace de leur existence que la ligne primitive en voie de décomposition.

Évidemment ce fait ne peut, comme celui que j'ai observé en 1875, s'expliquer que par une modification temporaire du germe, modification produite par les trépidations du chemin de fer et disparaissant par le repos. Mais il n'est pas constant. On a vu qu'ayant voulu répéter ma première expérience, j'avais obtenu des embryons vivants et bien développés d'œufs mis en incubation immédiatement après leur arrivée au laboratoire. Mais il y a plus. Lorsque je mentionnai ces faits à la Société d'Acclimatation, un de mes confrères me dit qu'il faisait venir constamment des œufs de Belgique, par le chemin de fer, et qu'il les mettait en incubation, dans sa propriété de la Seine-Inférieure, immédiatement après leur arrivée. Tous ces œufs réussissaient et donnaient des embryons vivants.

Ainsi donc les chemins de fer n'exercent pas toujours une action nuisible sur les œufs. Mais pourquoi cette action nuisible se produit-elle dans certains cas et non dans d'autres? Je pense que cela résulte d'abord du mode de construction des locomotives. En effet, dans ces machines, le centre de gravité n'est pas seu-

lement animé d'un mouvement de translation; il présente encore d'autres mouvements qui s'associent au premier, et que les ingénieurs désignent sous les noms de mouvements de *galop*, de *roulis*, de *lacet* et de *tangage*. Or, chacun de ces mouvements ayant plus ou moins d'étendue suivant le mode de construction des locomotives, leur combinaison doit produire dans chacune de ces machines des trépidations d'une nature spéciale; et qui seront, si l'on peut parler ainsi, en rapport avec son individualité. Et d'ailleurs ces trépidations varieront également, pour chaque locomotive, suivant un certain nombre de circonstances, telles que la vitesse des trains, leur longueur, les courbures de la voie, etc.

Ces considérations nous montrent que les trépidations résultent de causes tellement multiples, qu'il n'est pas possible d'arriver à déterminer exactement les conditions dans lesquelles elles sont nuisibles. Ce que l'on doit donc chercher, c'est de mettre autant que possible les œufs à l'abri de leur action.

Il paraît que les wagons de la poste sont installés de manière à atténuer notablement les effets de ces trépidations. Il serait intéressant de savoir si les œufs transportés dans ces wagons échapperaient à la cause d'altération qui les atteint dans les wagons ordinaires. On réussirait probablement aussi à neutraliser cette cause avec la suspension de Cardan.

Mais, quoi qu'il en soit, je dois faire remarquer qu'il y a là un fait physiologique très curieux, et dont l'explication nous échappe complètement. Le germe est évidemment modifié par les trépidations; mais quelle est cette modification? Se produit-elle dans les éléments anatomiques du germe, ou dans les forces qu'il recèle à l'état latent? Puis, comment cette modification disparaît-elle par l'influence du repos? Je ne puis que poser la question.

RAPPORTS

PRÉSENTÉS A L'ACADÉMIE DES SCIENCES

SUR LES TRAVAUX DE M. DARESTE

PAR MM. DE QUATREFAGES ET DE LACAZE-DUTHIERS

Mes travaux sur la Tératogénie m'ont valu, à diverses reprises, trois prix de l'Académie des Sciences. Elle m'a décerné, en 1862, le prix Alhumbert (que j'ai partagé avec Lereboullet); en 1877, le prix Lacaze; en 1890, le prix Serres. Le rapport sur le prix Alhumbert a été rédigé par Valenciennes; le rapport sur le prix Lacaze, par M. de Quatrefages; le rapport sur le prix Serres, par M. de Lacaze-Duthiers.

La reproduction du rapport de Valenciennes, d'ailleurs très court, n'aurait actuellement aucun intérêt. J'avais observé, à cette époque, un grand nombre de faits isolés; mais je ne pouvais alors en tirer aucune conclusion générale. Aujourd'hui, mes travaux ont été poussés assez loin pour constituer une branche absolument nouvelle de la Biologie. J'ai donc pensé que mes lecteurs liraient avec intérêt les deux rapports de MM. de Quatrefages et de Lacaze-Duthiers qui ont analysé l'ensemble de mes travaux sur la tératogénie et fait valoir leur importance scientifique[1].

[1] Je dois ajouter ici que M. de Quatrefages a, en 1887, publié dans le *Journal des Savants*, sous ce titre : *Tératologie et Tératogénie,* une série d'articles dans lesquels il développe son rapport de 1877. La pensée qui a guidé M. de Quatrefages dans la rédaction de ces articles a été nettement exprimée par lui dans la phrase suivante : « J'ai maintes fois entendu dire que M. Dareste s'était borné à appliquer avec plus de persévérance, mais à peu près au hasard, les procédés d'expérimentation inventés par Geoffroy Saint-Hilaire, par Prévost et Dumas; qu'il n'avait, en réalité, ajouté aucun fait intéressant à ceux qu'avaient obtenus ses prédécesseurs. On verra qu'il est très facile de réfuter ces appréciations, aussi injustes qu'inexactes (p. 12). » J'ai emprunté à ces articles deux passages étendus (voir la note D de l'introduction) dans lesquels M. de Quatrefages a prouvé

RAPPORT DE M. DE QUATREFAGES

PRIX L. LACAZE

(Commissaires : MM. Cl. Bernard, baron J. Cloquet, Bouillaud, Sédillot, Gosselin, Vulpian, Milne-Edwards, Ch. Robin, de Quatrefages, rapporteur.)

L'ouvrage que M. Dareste a présenté au Concours pour le prix de Physiologie fondé par M. Lacaze est intitulé : *Recherches sur la production artificielle des monstruosités*, ou *Essais de tératogénie expérimentale*. Il résume un ensemble d'études commencées il y a environ vingt-cinq ans, poursuivies avec une persévérance bien rare, dans des conditions très diverses et souvent fort peu favorables. Les premières publications de l'auteur, sur le sujet qui devait l'occuper tant d'années, remontent à 1855. Cette date est utile à rappeler, en présence surtout de l'ouvrage de M. Panum, publié cinq ans après sous un titre indiquant une identité de recherches, plus apparente que réelle[1]. L'éminent professeur danois a, comme M. Dareste, recherché dans l'œuf des oiseaux les origines de la monstruosité ; comme notre compatriote, il a, dans certains cas, produit artificiellement des déviations organiques. Mais, le plus souvent, il a recherché dans des œufs non éclos les monstres produits spontanément. M. Dareste, au contraire, a eu constamment, exclusivement recours à la méthode expérimentale. C'est par milliers qu'il a examiné les œufs mis par lui en incubation dans des conditions déterminées, et par milliers aussi qu'il a produit et étudié les monstres dont il connaissait l'âge. Il a pu ainsi saisir la succession des phénomènes, remonter des derniers produits à ceux qui jouent le rôle de cause immédiate initiale, et résoudre à bien peu près sans doute, dans son ensemble et ses détails, le grand problème qu'il avait abordé.

M. Dareste n'a certes pas la prétention d'avoir créé la méthode. Dans une introduction historique, peut-être un peu trop sommaire, il a rappelé les noms et les travaux de tous ceux qui l'avaient précédé dans cette voie, de ceux même qui, comme Swammerdam, semblent n'avoir jamais essayé de réaliser leurs vues théoriques, ou qui, comme MM. Prévost et Dumas, dans leur célèbre Mémoire sur le développement du poulet, s'en sont tenus à une simple indication des résultats généraux obtenus[2]. Il a naturellement insisté davantage sur les travaux de Geoffroy Saint-Hilaire. Mais on sait que même les expériences du fondateur de la tératologie moderne n'ont jamais été publiées avec détails et que les résultats n'en ont pas été précisés ; si bien

que les travaux de mes devanciers ne m'ont donné que de simples indications, et que j'ai inventé moi-même les méthodes d'expérimentation qui m'ont servi à créer de toutes pièces la Tératogénie. Je saisis cette occasion pour exprimer publiquement à cet illustre savant mes sentiments de vive reconnaissance ainsi que le témoignage d'une amitié qui datera bientôt de cinquante ans.

[1] *Untersuchungen über die Entstehung der Missbildungen Zunächst in den Eiern der Vogel*, 1860, Kiel.

[2] *Annales des Sciences naturelles*, 1re série, 1826.

que l'on a souvent émis à leur sujet des doutes formels. Nous devons à M. Dareste la découverte d'un document qui tranche complètement la question. En visitant les papiers laissés par M. Etienne Geoffroy, notre candidat a trouvé deux planches gravées, inédites, représentant quelques-uns des monstres obtenus dans des expériences faites au Muséum. On nous permettra d'exprimer le vœu qu'elles soient publiées, avec un texte que M. Dareste pourrait rédiger mieux que personne.

Les prédécesseurs de M. Dareste ont généralement obtenu des monstruosités en chauffant les œufs dans une étuve fermée et les soumettant à des manœuvres diverses que l'on peut ramener à trois principales, savoir : 1° la position verticale des œufs; 2° l'application partielle sur la coquille d'une substance (huile, colle, vernis, etc.) imperméable à l'air; 3° l'emploi de températures un peu supérieures ou un peu inférieures à la température d'incubation normale. Ce dernier procédé est le plus certain, comme l'avaient indiqué depuis longtemps MM. Prévost et Dumas. C'est lui qui a fourni à M. Dareste la plupart de ses monstres. Enfin MM. Prévost et Dumas, ainsi que M. Lombardini, ont obtenu un certain succès en employant les courants électriques produits par la pile ou par des appareils d'induction.

M. Dareste a expérimenté tous ces procédés. Il les discute très sommairement, se réservant de les étudier avec une rigueur scientifique dont il n'a pu user jusqu'ici, faute des appareils de précision nécessaires. Toutefois il est arrivé déjà, dans cet ordre de recherches, à quelques résultats généraux intéressants. Nous n'en mentionnerons qu'un seul dont on comprendra aisément la portée.

Les trois procédés qui mettent en jeu la chaleur, surtout le premier et le troisième, permettent évidemment de placer les œufs mis en expérience dans des conditions de développement identiques. Et pourtant, d'une part, jamais ces œufs ne donnent tous des embryons monstrueux, et, d'autre part, jamais les monstruosités obtenues ne sont toutes semblables. C'est que, comme le montre bien M. Dareste, la déviation tératologique est une résultante qui dépend à la fois de l'action exercée sur le germe et de la nature propre, de l'*individualité* de ce germe déjà nettement reconnue par Harvey. De ces deux termes, le second échappe entièrement à l'expérimentateur. De là il résulte que celui-ci ne saurait produire à coup sûr une monstruosité donnée, possédât-il la connaissance complète de toutes les causes tératogéniques et le pouvoir de les mettre en jeu.

Cela même donne une importance réelle aux résultats obtenus par M. Dareste, grâce à un procédé tout de son invention. En chauffant les œufs dans une couveuse à l'air libre et sur un seul point de leur surface, en observant quelques précautions, notre auteur a pu modifier la forme du blastoderme et de l'aire vasculaire, la rendre elliptique de circulaire qu'elle est normalement, et orienter à volonté l'embryon par rapport au grand axe de l'ellipse. Ce ne sont pas là, il est vrai, de véritables monstruosités : ce ne sont guère que des anomalies des annexes de l'embryon; et ces anomalies artificielles ne paraissent pas se relier d'une manière bien nette à des phénomènes tératologiques proprement dits. M. Dareste a reconnu, il est vrai, que l'in-

version des viscères accompagne souvent une des déformations blastodermiques artificiellement produites. Mais, d'abord, il n'y a là rien de constant, et, en outre, l'expérimentateur n'a pu encore que soupçonner, dans les cas de ce genre, les relations de cause à effet.

La recherche des relations de cette nature a été la préoccupation constante de M. Dareste pendant ses longues recherches. Son livre en porte l'empreinte à un haut degré, et il lui a dû des résultats de la plus sérieuse importance scientifique.

Sans tenir compte des conceptions, nécessairement fausses, que la croyance à la préexistence des germes avait engendrées pour rendre compte de la formation des monstres, sans rappeler certaines hypothèses, non moins vagues et probablement erronées de Wolff et de Meckel lui-même (influence de la fécondation), on sait que les modifications tératologiques de l'organisme ont été généralement attribuées à des causes multiples et très diverses. Geoffroy Saint-Hilaire accorda un moment une influence extrême à des violences exercées sur la mère. Depuis longtemps et de nos jours on fait jouer aux causes pathologiques un rôle considérable et varié. On leur attribue, en particulier, le pouvoir de faire disparaître en totalité ou en partie des organes déjà formés et d'amener la soudure d'organes normalement séparés. Dans les deux cas, on admet que des organes, d'abord régulièrement constitués, peuvent devenir monstrueux. Il est peu de tératologistes qui n'aient pas invoqué l'arrêt de développement, compris d'ailleurs de diverses manières; plusieurs ont accepté la division spontanée des organes, pour expliquer, par exemple, l'existence de deux cœurs distincts. Enfin, dans le cas de monstruosités multiples sur le même individu, on a admis à peu près toujours l'action simultanée ou successive de plusieurs de ces causes, sans s'inquiéter des rapports qui pouvaient les unir. Seul, croyons-nous, Geoffroy Saint-Hilaire pensa un moment avoir trouvé ce qu'il appelait *l'ordonnée et l'unique cause de la monstruosité* dans des adhérences que les organes en voie de formation auraient contractées avec les enveloppes de l'embryon. Mais M. Dareste a montré que les brides résultant de ces adhérences n'existent guère que dans les cas de célosomie et d'exencéphalie, et qu'elles sont elles-mêmes le produit d'un phénomène secondaire.

On voit combien étaient confuses les idées régnant dans la science sur les causes de la monstruosité. Il ne pouvait guère en être autrement tant que l'on n'avait que des raisons théoriques pour se rendre compte des phénomènes tératogéniques. Or M. Dareste substitue à ce chaos d'hypothèses gratuites ou erronées des notions aussi simples que précises.

Et d'abord il écarte d'une manière absolue la doctrine qui cherche dans des phénomènes pathologiques le point de départ des faits tératologiques. Il a observé maintes fois les maladies de l'embryon et en particulier l'hydropisie, à laquelle on a attribué un rôle considérable dans la production des monstruosités. Or il a toujours vu cette affection déterminer la désorganisation et la mort lorsqu'elle atteint un certain degré. « Les désordres qu'elle produit, ajoute-t-il, ne peuvent jamais se réparer. » Elle-même n'est d'ailleurs qu'un phénomène secondaire, comme nous le verrons plus loin.

Pour M. Dareste, « le fait fondamental, *dominateur*, si l'on peut parler ainsi, de la tératogénie, c'est que les événements tératogéniques sont toujours la conséquence d'une modification de l'évolution embryonnaire ». En s'exprimant ainsi, l'auteur parle en disciple de Wolff, de Meckel, des deux Geoffroy Saint-Hilaire. Mais ses maîtres n'invoquaient à l'appui de leurs idées que des inductions reposant sur l'étude de monstres tout faits. M. Dareste, au contraire, appuyé sur l'expérience et l'observation directe de monstres en voie de formation, a donné à cette doctrine générale une base positive et vraiment scientifique.

« Deux procédés généraux, ajoute M. Dareste, interviennent en tératogénie : l'arrêt de développement, fait initial de la monstruosité simple; l'union des parties similaires, fait initial de la monstruosité double. Ces deux procédés, essentiellement différents dans leur nature, sont d'ailleurs fréquemment associés. L'arrêt de développement détermine parfois l'union des parties similaires dans les monstres simples. L'union des parties similaires, qui produit la monstruosité double, est elle-même le point de départ de nombreux arrêts de développement frappant les diverses parties des organismes conjugués. »

Nous voyons reparaître ici deux expressions souvent employées par les prédécesseurs de M. Dareste : celles d'*arrêt de développement* et d'*union des parties similaires;* mais elles ont, sous la plume de notre auteur, un sens précis qui leur avait manqué jusqu'ici.

Plusieurs tératologistes, et surtout Isidore Geoffroy, avaient bien reconnu que la déformation monstrueuse des organes doit être reportée à la période franchement embryonnaire du développement; mais aucun ne pouvait soupçonner qu'il faille la faire remonter au delà de l'époque où les organes sont déjà constitués et possèdent leurs éléments histologiques propres. Or, des recherches de M. Dareste il résulte que, pour pouvoir exercer leur action, les causes tératogéniques doivent nécessairement agir sur l'embryon à l'époque où il n'est encore composé que d'éléments organiques homogènes. « Les organes définitifs des êtres monstrueux apparaissent ainsi d'emblée, avec leurs caractères tératologiques, dans les blastèmes préalablement modifiés. »

Nous croyons inutile de faire ressortir toute l'importance de cette détermination de l'époque et du mode de constitution des monstruosités. Disons d'ailleurs que ces opinions de l'auteur sont pleinement justifiées par ses observations.

Tous les cas de monstruosité proprement dite présentent les faits généraux, on pourrait dire obéissent aux lois, que nous venons d'indiquer. Il en est de même pour un grand nombre de simples anomalies ou hémitéries. Toutefois les hétérotaxies ne sauraient jusqu'ici se rattacher à un fait d'arrêt de développement. Ce groupe constituerait donc une exception unique, si l'on considérait l'inversion des viscères comme une véritable monstruosité. Mais on sait qu'Isidore Geoffroy en a fait, avec raison, un embranchement à part. M. Dareste, confirmant un soupçon formulé par Baër, a d'ailleurs trouvé dans la sortie à gauche de l'anse cardiaque primitive le point de départ de cette singulière anomalie.

Nous venons d'indiquer les résultats généraux les plus essentiels, exposés par M. Dareste dans les trois premiers chapitres de la première partie de son livre [1]. Nous nous bornerons à mentionner deux autres chapitres relatifs à l'existence des *types tératologiques* et à la *classification*. Quelque intéressants qu'ils puissent être au point de vue théorique et dogmatique, ils ne sauraient nous arrêter. Nous ne voulons donner ici qu'une idée des faits découverts par l'auteur, car c'est à eux que le livre doit sa plus sérieuse valeur.

La deuxième partie est essentiellement consacrée à l'exposé de ces faits. Elle renferme pour ainsi dire les pièces justificatives de la première.

Le premier chapitre est consacré à faire connaître, avec quelques détails, la première phase de la formation du cœur, méconnue jusqu'aux recherches de M. Dareste. En effet, depuis Harvey, on a toujours cru que le cœur était simple dès sa première apparition. M. Serres seul, interprétant une planche de Pander dans le sens de ses théories, avait admis la dualité primitive de cet organe. Mais pas un embryogéniste n'avait partagé une opinion que le texte de Pander, bien d'accord avec le dessin, contredisait formellement. Encore en 1860, M. Panum, décrivant avec détails l'existence de deux cœurs chez des embryons monstrueux de poulet, ne pensait pas à mettre en doute l'unité primitive de l'organe. Il admettait qu'après s'être constitué sous sa forme normale simple, le cœur s'était divisé sous l'influence des causes tératologiques. C'est en réalité le contraire qui se passe.

En effet, le 8 octobre 1866, M. Dareste adressait à l'Académie une Note qui a paru dans les *Comptes rendus*, et dans laquelle il faisait connaître toute une phase de l'évolution de l'aire vasculaire et du cœur, qui avait échappé à ses devanciers. La première avait toujours été décrite comme étant circulaire dès son origine. Or M. Dareste a montré que la portion antérieure de cette aire, celle qui est située au-dessous de la tête de l'embryon, ne se développe qu'après les régions postérieure et moyenne. A un certain moment, vers la trentième à trente-sixième heure de l'incubation, l'aire vasculaire est terminée en avant par une ligne droite, et la portion manquant pour compléter le cercle est égale à peu près au quart de ce cercle supposé complet [2]. A ce moment, le développement de l'aire est très actif aux extrémités de cette ligne, et cette activité va en diminuant progressivement de ces extrémités jusqu'au milieu de la troncature. Il résulte de là que l'aire se complète par la formation de deux lames antérieures et latérales, dont les bords internes sont d'abord presque en ligne droite, puis plus ou moins onduleux. Ces bords se rapprochent à la manière des deux branches d'un compas, en laissant entre eux un angle qui diminue progressivement, jusqu'au moment où ils se joignent, se soudent et complètent le cercle décrit par les auteurs.

[1] Je dois rappeler au lecteur que les indications données par M. de Quatrefages sur le numérotage des chapitres s'appliquent seulement à la première édition. J'ai été conduit, dans la seconde édition, à augmenter le nombre des chapitres et à modifier un peu leur arrangement (*Note de l'auteur*).

[2] M. Dareste fait remarquer que quelques-unes des figures publiées par divers auteurs représentent cet état de l'aire vasculaire, et se trouvent ainsi en contradiction avec les textes.



Or, c'est sur le bord de ces lames, à leur partie postérieure et tout près du sommet de l'angle, qu'apparaissent les deux cœurs primitifs. Le cœur définitif, celui qu'avaient décrit tous les embryogénistes, résulte de leur réunion en un seul organe. Il ne saurait exister de doute sur la réalité de cet ensemble de faits, M. Dareste ayant tout récemment encore montré à diverses personnes les deux cœurs battant isolément. L'indépendance des deux organes est d'ailleurs attestée par la différence de fréquence des contractions, différence qui peut aller du simple au double.

La découverte faite par M. Dareste fut d'abord niée par les très rares observateurs qui prêtèrent quelque attention à sa note. Mais, l'année dernière, trois savants allemands ont publié des faits analogues observés chez le lapin, ou retrouvés chez le poulet. Aucun d'eux ne cite M. Dareste. La priorité de notre compatriote n'en est pas moins incontestable. Ainsi l'origine double du cœur est aujourd'hui démontrée chez les mammifères et les oiseaux. On la retrouvera sans doute chez les reptiles et les poissons.

Quel que soit l'intérêt qui s'attache à ces faits d'embryogénie normale, on pourrait reprocher à l'auteur de leur avoir consacré un chapitre entier, s'ils n'avaient un rapport direct avec le sujet du livre. Mais on comprend que, la dualité originelle du cœur une fois reconnue, les observations des cœurs doubles, soit chez les embryons monstrueux de M. Panum, soit chez des oiseaux adultes de Plantade, de Meckel, soit chez le monstre humain de Collomb, n'ont plus rien de mystérieux. La persistance de l'état primitif, c'est-à-dire un arrêt d'évolution, rend facilement compte de ces faits jusqu'ici inexplicables.

Mais il est évident que cette persistance tient à ce que les deux lames latérales, complémentaires de l'aire vasculaire, ne se sont pas développées assez pour que leurs bords, en se rapprochant, missent les deux cœurs primitifs en contact. L'arrêt de développement de ces lames a donc produit l'arrêt d'évolution du cœur.

Les conséquences qu'entraîne le développement incomplet ou trop retardé des lames latérales sont parfois bien autrement sérieuses. Dès le début de ses recherches, M. Dareste rencontrait de temps à autre des embryons dont la tête, presque toujours plus ou moins monstrueuse, faisait hernie dans la région abdominale, et dont le cœur, tantôt simple, tantôt double, était placé sur le cou ou même sur le dos à la manière d'une hotte. Il y avait là un type tératologique entièrement nouveau, que notre auteur désigna sous le nom d'*omphalocéphalie*. Longtemps il désespéra de découvrir le mécanisme de transpositions aussi étranges. Il a reconnu depuis, et il montre fort bien qu'elles sont la conséquence extrême de l'arrêt de développement des lames antéro-latérales.

En effet, pendant que cet arrêt se produit, la tête continue à se développer. Elle s'engage parfois dans l'angle formé par le bord des lames et s'incurve en dessous. Les lames tantôt restent séparées, et alors les deux cœurs primitifs sont plus ou moins isolés ; tantôt finissent par se rejoindre au-dessus de la tête, et dans ce cas le cœur unique se constitue. La tête elle-même, de plus en plus refoulée, est obligée de se creuser une sorte de logement dans la portion du blastoderme qui revêt le vitellus. Son évolution

se trouve habituellement entravée, et elle peut présenter presque tous les degrés de monstruosité par arrêt de développement, en particulier la cyclopie.

Or, dans une section spéciale de son chapitre IV, M. Dareste a très nettement démontré que la cyclopie résulte d'un arrêt de développement de la vésicule cérébrale antérieure, arrêt qui permet le rapprochement initial et la fusion des deux fossettes oculaires primitives. Cette atrophie s'explique aisément, chez le monstre omphalocéphale, par la compression qu'éprouve habituellement cette partie saillante de la tête, quand celle-ci s'enfonce au-dessous des lames latérales et du cœur.

Mais la fusion des éléments des deux yeux, normalement distincts, a pour premier résultat l'arrêt de formation du blastème qui les sépare dans l'état normal, et qui devait donner naissance à l'os intermaxillaire et à certains os du nez. De là résulte, même dans ces premiers âges embryonnaires, la forme extraordinaire de la bouche, qui devient triangulaire de quadrilatère qu'elle aurait été.

Enfin l'absence des parties centrales de la face et la soudure des deux yeux en un seul ont pour effet de retenir en haut et en arrière l'appareil olfactif. Celui-ci se montre d'abord sous la forme de deux fossettes placées sur la cellule cérébrale, au-dessus, ou mieux en arrière des premiers rudiments des globes oculaires. Habituellement ces fossettes descendent, et les fosses nasales se caractérisent entre les deux yeux, à mesure que la cellule cérébrale elle-même se développe. Arrêtées par l'obstacle qui s'est interposé et soudées dès leur origine, elles restent à l'état rudimentaire, ou bien donnent naissance à ces singulières trompes qui caractérisent la plupart des genres appartenant à la famille des cyclocéphaliens d'Isidore Geoffroy.

Ainsi, dans les cas semblables à celui dont nous venons de faire l'analyse abrégée, M. Dareste nous montre une série de sept termes, représentés par autant de monstruosités reliées entre elles par des relations de cause à effet, aboutissant à la constitution d'un type tératologique des plus étranges, et dont le point de départ premier est un simple retard dans le développement d'une portion de l'aire vasculaire[1]. Certes, avant les recherches

[1] On peut présenter l'ensemble de ces faits sous forme de tableau, de la manière suivante :

Arrêt de développement des lames antéro-latérales de l'aire vasculaire.

- Dualité du cœur.
- Incurvation et hernie ombilicale de la tête.
  - Arrêt de développement de la région moyenne de la cellule cérébrale antérieure.
    - Fusion des deux fossettes oculaires primitives.
      - Disparition de l'intermaxillaire et de certains os nasaux.
      - Déplacement en haut, arrêt de développement ou déformation de l'organe olfactif.
  - Situation dorsale du cœur.

dont nous tâchons de donner une idée, aucun tératologiste n'aurait eu la pensée qu'une légère anomalie des annexes de l'embryon pût avoir, pour l'embryon lui-même, des conséquences aussi graves.

Dans l'exemple précédent, la monstruosité la plus éloignée est le résultat d'actions qui atteignent successivement les divers organes. C'est pour ainsi dire de contre-coups en contre-coups que les intermaxillaires, certains os nasaux, la partie supérieure de l'appareil olfactif finissent par être atteints. Mais il est des annexes de l'embryon dont l'arrêt de développement a une influence immédiate et non moins remarquable. Tel est surtout l'amnios.

On sait que cette poche se constitue par quatre replis du feuillet séreux qui marchent à la rencontre les uns des autres et se soudent au-dessus de l'embryon. Chacun d'eux peut être isolément plus ou moins retardé ou arrêté dans son développement. Il en est de même de l'amnios lui-même, après qu'il est entièrement fermé. Or ces divers arrêts ne peuvent se produire sans que la membrane ne comprime plus ou moins les parties sous-jacentes. Là, nous dit M. Dareste, est la cause immédiate première de la très grande majorité des monstruosités simples. Quand le capuchon céphalique pèse sur l'extrémité antérieure de l'embryon, le crâne, la face et les divers organes qui s'y rattachent sont plus ou moins atteints dans les blastèmes qui les précèdent et les préparent. On voit alors se produire l'anencéphalie, où le crâne largement ouvert ne renferme qu'une poche membraneuse remplie de sérosité; la pseudencéphalie, où le cerveau est remplacé par une sorte de tissu érectile; l'exencéphalie, où la masse cérébrale, plus ou moins complète, s'est développée en dehors de la cavité cranienne; la cyclopie, avec tous les désordres qui l'accompagnent..... Si c'est le capuchon caudal qui est frappé d'arrêt de développement, les anomalies se montrent à la région postérieure; les membres manquent en tout ou en partie, comme chez les monstres ectroméliens, ou bien se soudent en subissant un mouvement de rotation qui les fait s'unir par leur face externe, tandis que les talons sont portés en avant et les orteils en arrière, comme chez les symméliens.... etc. Les capuchons latéraux, en s'arrêtant dans leur évolution, produisent les divers degrés de célosomie ou éventration..... etc.

Si l'amnios, une fois constitué à l'état de poche fermée, est arrêté dans son développement et reste appliqué sur l'embryon dont il devrait, au contraire, s'écarter, on comprend qu'il pourra comprimer et par conséquent déformer les organes les plus divers et les plus éloignés. Cette simple remarque faite par M. Dareste résout, comme il le dit fort bien, une des principales difficultés de la tératologie générale. En constatant très souvent sur le même individu des anomalies, des monstruosités parfois nombreuses et d'ordre différent, on se demandait comment l'organisme pouvait être ainsi atteint presque en entier. On avait invoqué le principe de corrélation des organes que Darwin a emprunté à Cuvier sous un nom un peu différent (corrélation de croissance); mais les monstruosités sont tantôt groupées, tantôt isolées. Le principe était donc en défaut. Au contraire le rôle que M. Dareste attribue à l'amnios et aux replis qui le forment, en se fondant sur

des observations directes, rend compte de tous les faits de la manière la plus simple et la plus satisfaisante.

Nous ne pouvons que mentionner ici les sections du livre consacrées aux anomalies du blastoderme, aux blastodermes sans embryon, aux déformations du blastoderme, au défaut de différenciation du feuillet vasculaire et de l'embryon, aux anomalies dans la disposition des vaisseaux de l'aire vasculaire, aux anomalies de l'allantoïde. Mais nous ne saurions passer entièrement sous silence ce que l'auteur nous apprend au sujet de l'arrêt de développement des îles du sang et de ses conséquences.

On sait que les vaisseaux de l'aire vasculaire sont précédés par l'apparition de petites taches rouges, qui, examinées au microscope, apparaissent comme autant d'amas de globules sanguins parfaitement isolés. Ces amas sont, pour certains micrographes, contenus dans de simples lacunes; pour d'autres, dans de véritables cellules. Tous s'accordent pour reconnaître que le réseau capillaire résulte de la mise en communication de ces cavités, lacunes ou cellules, qui forment ainsi des canalicules bientôt régularisés.

Quelle que soit la nature de ces îles du sang, elles peuvent persister dans leur premier état ou ne former que des réseaux partiels sans qu'il s'établisse de réseau général. Elles n'en continuent pas moins à grandir, et, les globules sanguins s'accumulant dans leur intérieur, elles font à la face inférieure du feuillet vasculaire une saillie relativement considérable. Les globules ainsi emprisonnés n'arrivent pas au cœur, ou n'y arrivent qu'en quantité très faible. La partie liquide du sang, le plasma, ne s'en forme pas moins, mais il reste incolore. Il suffit, il est vrai, pendant quelque temps à la nutrition et au développement de l'embryon; mais, dépourvu de son élément stimulant, ce sang amène l'apparition d'une véritable hydropisie. La sérosité s'accumule d'abord dans les vésicules closes de la tête et dans le tube de la moelle épinière, puis elle infiltre tous les tissus et rend les embryons tellement transparents que, pour les distinguer, il faut les colorer par la teinture d'iode. En même temps, elle dilate tous les organes, et ceux-ci vont se presser contre l'amnios; de là résultent des monstruosités fréquentes, dont la cause immédiate est, comme on voit, la compression et nullement l'hydropisie, comme on l'avait cru. Celle-ci n'est qu'un des termes de la série de phénomènes qui commencent à l'arrêt des îles du sang et aboutit à l'omphalocéphalie, à la symélie, etc.

Le Chapitre consacré à la production des hémitéries est fort court. L'auteur rappelle que l'arrêt de développement est souvent évident dans un grand nombre d'entre elles et que la plupart de ses devanciers ont invoqué cette explication, qu'il n'aurait qu'à confirmer. Toutefois, dans ce groupe même des anomalies légères, M. Dareste a rencontré des faits nouveaux et inattendus. C'est ainsi qu'il a vu la pression exercée par l'amnios produire des incurvations plus ou moins accusées de la colonne vertébrale, des déviations dans les membres, etc. Toutes ces modifications du type normal, quelque légères qu'elles soient, remontent d'ailleurs à la première période embryonnaire, à celle où l'organisme est encore à l'état de blastème. Cela

même permet de comprendre, bien mieux qu'en invoquant des causes pathologiques agissant sur des organes déjà constitués, comment les surfaces articulaires peuvent être modifiées dans les membres ou portions de membres déviés, comme dans les diverses sortes de pied-bot.

Il est toutefois un groupe entier d'hémitéries, peu nombreuses d'ailleurs, dont l'arrêt de développement ne saurait rendre compte : c'est celui qui comprend les anomalies par multiplication de parties. On a tenté d'expliquer cette espèce de déviation en considérant les parties surajoutées, les doigts, par exemple, dans la polydactylie, comme des *témoins* attestant l'existence primitive de deux individus. M. Dareste oppose à cette explication la multiplication des doigts et même des membres, obtenue parfois chez les batraciens à la suite de mutilations répétées. Il déclare n'avoir encore rencontré aucun fait qui puisse fournir des données sur l'apparition des cas de ce genre.

Les deux Chapitres consacrés à l'étude des monstres simples autosites, c'est-à-dire pouvant se suffire à eux-mêmes, au moins pendant la vie embryonnaire, présentent une histoire remarquablement complète de ce genre de monstruosités. Le Chapitre V est relatif à leur mode de formation. Nous croyons avoir suffisamment insisté sur ce sujet. Nous nous bornerons donc à ajouter que M. Dareste a retrouvé dans ses couvées à peu près tous les types connus avant lui et qu'il en ajoute de nouveaux, comme nous l'avons vu en parlant de l'omphalocéphalie.

C'est là un fait curieux et que ne permettait guère de prévoir l'ensemble des observations recueillies jusqu'à ce jour. Les cas de monstruosité semblaient être bien plus rares chez les oiseaux que chez les mammifères. La disproportion est énorme dans l'ouvrage d'Isidore Geoffroy, qui a pourtant enregistré avec un soin que chacun connaît tous les faits recueillis jusqu'à lui. En prouvant que les mêmes altérations tératologiques existent chez les oiseaux et les mammifères, M. Dareste fait disparaître une erreur qui semblait basée sur l'observation. Il efface une distinction admise à tort entre les deux classes, et les ramène aux mêmes lois générales à un point de vue important. Il montre en même temps la cause de l'erreur qu'il combat. Chez les mammifères à placenta, l'embryon monstrueux, greffé sur la mère, peut habituellement arriver vivant jusqu'à l'époque de la naissance. Chez les oiseaux, au contraire, l'embryon monstrueux, qui doit trouver dans l'œuf toutes les conditions nécessaires à son existence, périt presque toujours d'une manière fatale, plus ou moins longtemps avant l'éclosion. Pour retrouver ces types tératologiques, il fallait, comme M. Panum, examiner les œufs clairs qui en contiennent parfois, ou mieux encore, comme M. Dareste, étudier les œufs avant que les embryons monstrueux, même les plus délicats, aient eu le temps de disparaître.

L'anémie et l'asphyxie sont les deux causes principales de la mort des monstres. La première les tue dans les trois ou quatre premiers jours de l'incubation, avant l'établissement de la respiration allantoïdienne. La seconde est causée par l'insuffisance de cette respiration, insuffisance qui résulte de l'arrêt de développement de l'allantoïde. Mais celui-ci tient lui-

même à une évolution incomplète de l'amnios dont le pédicule persiste et oppose un obstacle mécanique à l'expansion de l'allantoïde. Ainsi l'arrêt de développement de l'amnios prépare la mort du monstre, en même temps qu'il en détermine la formation.

On voit que M. Dareste a poussé remarquablement loin ses études sur la formation des monstres simples autosites. Sans doute cette histoire a encore ses lacunes; et l'auteur, loin de les dissimuler, en signale que seul, à coup sûr, il pouvait reconnaître. Cette partie de son livre n'en mérite pas moins d'être regardée comme un véritable traité de tératogénie, et ce traité lui appartient en totalité.

Il en est autrement des Chapitres consacrés à l'étude de la gémellité et des monstres doubles. Cette inégalité est facile à comprendre. Quoi que l'on ait dit des résultats atteints par Valentin et par Knoch, on ne peut créer artificiellement des monstres doubles et des jumeaux comme l'on crée des monstres simples. Sur ce point, les expériences si multipliées de notre auteur chez les oiseaux concordent entièrement avec celles que renferme l'excellent Mémoire de Lereboullet sur la monstruosité double chez les poissons. Tout semble indiquer que les phénomènes de cette nature tiennent surtout à l'individualité physiologique, sur laquelle l'expérimentation n'a encore aucune prise. Il faut donc s'en remettre au hasard pour recueillir des faits. Mais, dans les milliers d'œufs examinés par M. Dareste, il s'en est trouvé un nombre assez grand, présentant soit des monstres doubles, soit des jumeaux, pour que l'auteur, réunissant ses propres recherches à celles de ses devanciers, ait pu écrire quatre Chapitres du plus sérieux intérêt.

Et d'abord on sait que les théories relatives à la formation des monstres doubles se réduisent en somme à deux : l'une qui admet la dualité primitive des germes ; l'autre qui explique, par la division d'un germe primitivement unique, l'existence des deux individus plus ou moins complets et plus ou moins intimement unis. M. Dareste se prononce nettement pour la première, en se fondant sur des observations directes. Il confirme ce que plusieurs observateurs, entre autres Valenciennes, Panum, M. Broca, avaient dit de l'impossibilité d'obtenir des monstres doubles par l'incubation d'œufs à deux jaunes. Mais il rappelle les faits déjà signalés par Wolff et retrouvés par Flourens, Allen Thomson, Panum, qui ont observé deux embryons sur un même jaune. Lui-même a constaté une dizaine de fois cette juxtaposition des embryons. Il a, de plus, rencontré pour ainsi dire toutes les variantes possibles de cette gémellité univitelline. La *Pl. XIV* de l'Atlas représente deux embryons sur un blastoderme originairement unique, deux embryons sur un blastoderme résultant de la soudure de deux blastodermes originairement séparés, trois embryons sur un seul blastoderme, trois embryons sur deux blastodermes prêts à se fusionner. En outre deux figures montrent, à côté d'un embryon normal, deux embryons dépourvus de cœur et devant, par conséquent, donner naissance à un monstre omphalosite.

On sait que ce dernier type comprend tous les monstres privés de cœur.

depuis les paracéphales, qui possèdent encore une tête rudimentaire, jusqu'aux anides, qui ne sont plus composés que d'une sorte de tissu cellulaire. Quoique appartenant en réalité à la classe des monstres unitaires, les omphalosites se rattachent par leurs conditions d'existence aux questions de gémellité. Ils ne peuvent en effet vivre seuls, et l'on a même été jusqu'à soutenir que leur apparition se liait à l'existence d'un frère jumeau normal. M. Dareste a montré qu'il n'en est rien. L'omphalosite se développe tantôt isolément, tantôt en compagnie. Mais, dans le premier cas, il ne dépasse pas cette première période du développement dans laquelle l'embryon est entièrement homogène, où il n'y a pas encore de cœur, où, par conséquent, il n'existe aucune solidarité entre les divers organes qui se développent indépendamment les uns des autres. Cette période passée, la circulation sanguine est nécessaire non seulement au développement, mais même à l'existence de l'être, et c'est par les communications vasculaires, établies entre lui et son frère jumeau, que l'omphalosite satisfait à cette nécessité. Ces faits avaient été aperçus chez les mammifères avec plus ou moins de netteté; mais, d'une part, on n'avait pas reconnu les rapports nécessaires qui relient l'omphalosite à son frère, et, d'autre part, on n'avait encore signalé rien d'analogue chez les oiseaux.

M. Dareste a retrouvé ce groupe si curieux de monstruosités dans la classe qu'il étudie. Il a rencontré un paracéphale et un acéphale en train de se constituer; il a vu plusieurs fois une tête isolée en voie de développement, alors que les éléments de la future colonne vertébrale n'existaient pas. Il a donc constaté chez les oiseaux l'existence de cette singulière monstruosité signalée chez l'homme par Rudolphi et J. Müller. On voit que les études de M. Dareste sur les omphalosites, bien que très incomplètes encore, comme il le déclare à diverses reprises, n'en offrent pas moins un intérêt réel.

Les Chapitres consacrés aux monstres doubles ont toutefois une importance bien plus grande. Dans le courant de ses études, M. Dareste a obtenu une trentaine de monstres doubles en voie de formation. Il a constaté les débuts des deux sortes de fusion, que l'on pourrait appeler *opposées:* l'une s'opérant par la tête et la région antérieure du corps, l'autre par les pieds et la région postérieure. Il a retrouvé plusieurs des genres établis par Isidore Geoffroy et quelques-uns des plus singuliers. Il a fait connaître, avec détail, leur mode de constitution. Nous ne pouvons le suivre dans l'exposé de tous ces faits, quelque intéressants qu'ils soient. Nous nous bornons à résumer ce qu'il nous apprend au sujet de la formation des cœurs chez les monstres sycéphaliens et monocéphaliens, dont la tête et le thorax sont plus ou moins fusionnés, tandis que les régions inférieures restent plus ou moins distinctes.

On sait comment Serres et Isidore Geoffroy, guidés par l'observation de monstres entièrement développés, ont expliqué la formation des deux sternums latéraux qui existent chez certains monstres doubles à poitrines fusionnées. Pour eux ces pièces osseuses résultent de la soudure de deux moitiés, dont chacune est fournie par l'un des individus composants. Ici

cette interprétation du fait anatomique s'impose pour ainsi dire, car on voit aboutir à chacun des sternums les côtes droites de l'un des individus et les côtes gauches de l'autre. Mais ni Serres ni Geoffroy n'avaient nullement pensé que des phénomènes entièrement semblables pussent s'accomplir à l'intérieur du thorax ainsi constitué et que, dans certains cas, les deux cœurs que l'on y trouve d'ordinaire appartinssent également par moitié à chacun des deux individus fusionnés. Leurs observations avaient porté surtout sur des monstres monomphaliens (sternopages), dont ils ont fort bien connu la structure. Or, chez ceux-ci, chaque individu possède en propre son œsophage et son cœur, qui viennent se placer des deux côtés du plan d'union, comme l'ont dit Serres et Isidore Geoffroy, qui ont conclu des sternopages à tous les autres monstres voisins.

Au contraire, dans les deux familles dont il s'agit, il n'existe qu'un seul œsophage placé au milieu de la cavité thoracique. Les deux cœurs sont situés sur le plan d'union lui-même, qui les partage en deux moitiés symétriques. Cette disposition et la distribution des troncs vasculaires étaient inexplicables avec l'ancienne croyance à l'unité primitive du cœur. La découverte de la dualité originelle de cet organe permettait, au contraire, de se rendre compte très aisément de cette monstruosité singulière. Toutefois l'observation directe était nécessaire pour justifier une explication qui aurait pu facilement paraître trop hardie. Or M. Dareste a eu la bonne fortune de rencontrer une quinzaine de monstres appartenant aux types dont nous parlons, et du rapprochement de ses observations portant sur des individus diversement avancés, il a pu conclure, avec certitude, que, chez les sycéphaliens et les monocéphaliens, les deux cœurs se constituent comme les deux sternums, par moitiés appartenant à chacun des individus composants. Quelques-unes des figures de l'Atlas nous paraissent confirmer entièrement cette conclusion, qui n'a d'ailleurs plus rien d'étrange. C'est là certainement un des faits de détail les plus intéressants que renferme le livre que nous examinons.

Les lecteurs de M. Dareste auraient probablement compris difficilement à la simple lecture les nombreux résultats nouveaux qu'il fait connaître. Des figures intercalées dans le texte, les unes schématiques, les autres réelles, permettent de suivre l'auteur sans difficulté. Un atlas comprenant 16 planches et 179 figures complète la partie iconographique du travail.

Il est fort difficile de donner une idée bien exacte d'un ouvrage presque entièrement composé de faits, comme celui de M. Dareste. Toutefois nous espérons en avoir fait comprendre la haute valeur. En deux mots on peut dire que l'auteur a résolu, d'une manière à bien peu près complète, le problème général et les problèmes spéciaux de la monstruosité simple; qu'il a jeté un grand jour sur la monstruosité double et l'hémitérie. Il a donc éclairé le champ entier de la tératologie, et cela grâce à la méthode expérimentale employée pour multiplier les éléments de l'observation. Certes M. Dareste n'est pas l'inventeur de cette méthode, mais il l'a, pour ainsi dire, rendue sienne par la persévérance avec laquelle il l'a mise en usage pendant vingt-cinq ans, par l'importance des résultats qu'il en a tirés.

Tels sont les motifs pour lesquels la Commission vous propose de décerner à M. Dareste le prix de Physiologie fondé par M. Lacaze.

RAPPORT DE M. DE LACAZE-DUTHIERS

PRIX SERRES

(Commissaires : MM. Ranvier, de Quatrefages, Blanchard, Milne-Edwards ; de Lacaze-Duthiers, rapporteur.)

L'embryologie des animaux a fait de très grands progrès depuis le milieu du siècle. Alors aussi les théories transformistes ont pris une grande place dans la science, et leurs partisans, en cherchant pour les appuyer des preuves dans la connaissance des formes larvaires primitives, ont donné une grande impulsion au développement de cette branche de la Biologie. Une autre cause a encore puissamment aidé ce développement. La Technique histologique, avec la précision qu'elle donne aux observations difficiles, a permis d'apprendre à connaître les organes et les tissus les plus délicats, dès le début de leur apparition, ce que ne pouvaient faire espérer les dissections les plus soignées et les plus habilement faites. Aussi avec le secours de ces procédés nouveaux, les embryogénistes ont-ils fait connaître les premières ébauches des organes bien autrement et bien plus exactement qu'on ne pouvait le faire jadis.

Déjà cependant des savants français avaient montré toute l'importance des recherches sur l'évolution des êtres en les dirigeant surtout vers la Morphologie.

Les Geoffroy Saint-Hilaire avaient en effet, dans des études restées classiques, ouvert la voie des études au point de vue qui doit nous occuper ici. Ils avaient décrit les monstres qu'on rencontre dans la nature et qui leur étaient tombés, au courant du hasard, sous la main. Le Traité des anomalies d'Isidore Geoffroy Saint-Hilaire est resté comme un modèle de ce genre d'études ; quant à Etienne, qui avait entraîné son fils dans cet ordre d'observations, ayant rencontré en Egypte de nombreuses anomalies de l'organisation chez les oiseaux nés dans les fours à incubation, il avait eu la pensée de reproduire des monstres et d'en déterminer la loi de formation. Mais ni l'un ni l'autre des deux Geoffroy n'avaient réalisé ce projet. M. Serres qui appartenait à leur école s'était de même beaucoup préoccupé de l'Embryogénie qu'il appelait transcendentale, et le prix fort important qu'il a fondé montre toute l'importance qu'il attachait à cet ordre d'études.

Ce fut M. Camille Dareste, professeur en 1860 à la Faculté des Sciences de Lille, puis directeur d'un laboratoire des Hautes-Études à Paris, qui chez nous, par des tâtonnements sans nombre, en variant de toutes façons les conditions de la vie de l'embryon du poulet, chercha à reconnaître la cause

d'un grand nombre de formes aberrantes restées inexpliquées jusqu'à lui. C'est avec une ténacité digne de tous les éloges, sans jamais perdre de vue le but qu'il poursuivait avec cette placidité et cette tranquillité bien connues de tous, qu'il a pendant trente ans, la vie d'un homme, appliqué tous ses soins à produire directement les monstres les plus caractérisés. Votre Commission a voulu, en portant son choix sur les travaux de M. Dareste, alors que de toute part à l'étranger les recherches embryologiques se multiplient, donner une preuve de l'intérêt qu'elle attache à l'œuvre du savant français, qui a incontestablement ouvert une voie nouvelle aux recherches biologiques.

En mainte occasion l'Académie, en mettant au concours des questions d'Embryogénie et en couronnant les travaux ayant pour objet le développement des animaux, a prouvé combien elle désire encourager ces sortes d'études, afin de les voir se multiplier chez nous. Aussi votre Commission a-t-elle pensé qu'elle obtiendrait votre approbation en lui proposant de couronner l'œuvre de notre compatriote.

Les résultats obtenus par M. Dareste dans ses expériences sont bien connus de l'Académie, car il n'a jamais manqué de les lui communiquer. Aussi dans de telles conditions un Rapport long et détaillé n'a pas été jugé nécessaire.

Nous rappellerons cependant que M. Dareste a réuni dans un volume toutes ses observations et qu'ainsi il a publié un vrai traité de Tératogénie expérimentale; que ce livre épuisé va reparaître prochainement en une seconde édition, fait qui mérite d'être signalé, car il montre l'importance et la valeur du livre. Pour un sujet aussi spécial que la production des monstres, et ne pouvant, ne devant, par sa nature même, intéresser qu'un nombre relativement restreint de lecteurs, une seconde édition est en effet une preuve d'un mérite incontestable.

Nous rappellerons encore que la notoriété de M. Dareste est telle, à l'étranger, qu'un embryologiste émérite, un savant allemand, M. L. Gerlach, lui a dédié un livre sur le développement des animaux, comme marque d'une estime toute particulière pour ses recherehes.

Faut-il citer en terminant un ou deux faits montrant l'esprit qui a guidé l'auteur de la Tératogénie expérimentale?

Ses observations sur l'origine des monstres cyclopes sont vraiment curieuses et originales.

La cellule cérébrale antérieure dans laquelle se produira la partie antérieure du cerveau, se gonflant sur ses côtés, engendre les vésicules optiques destinées à la formation des yeux. A ce moment, le bouton terminal de l'ébauche embryonnaire rappelle les trois lobes d'un trèfle. Que le lobe médian s'arrête dans son évolution et les deux vésicules optiques, croissant toujours, viendront se rencontrer, se souder au devant du lobe médian resté stationnaire qui aurait dû les tenir écartées; alors sur le milieu de ce qui aurait dû être le front on ne trouvera qu'un œil, et la fable du Cyclope est réalisée.

Voici une autre explication d'une anomalie non moins intéressante. On rencontre des monstres ayant un cœur double, alors que dans l'état normal, l'unité de l'organe, par son apparence extérieure, est une loi constante.

Pour se rendre compte de cette anomalie, M. Dareste a dû remonter aux premières origines de l'organe. Il l'a vu naître par deux moitiés symétriques placées à droite et à gauche sur les bords de la nacelle embryonnaire, tout près et en arrière des points où seront plus tard les vésicules optiques.

Peu à peu dans chacun de ces points se montrent deux tubes qui, se développant et marchant à la rencontre l'un de l'autre vers la ligne médiane, s'y soudent et forment le cœur unique qui, on le voit, a commencé par être double.

Cette découverte, expliquant par un arrêt de développement la duplicité monstrueuse du cœur, a longtemps passé inaperçue, et les embryologistes qui ont cru, plus tard, avoir découvert la double origine de l'organe central de la circulation, ont dû rendre justice à M. Dareste en confirmant ses études et reconnaissant ses droits à la priorité. Ainsi la même cause, un arrêt de développement, peut amener des effets tout différents en permettant la fusion de deux organes qui devaient rester isolés ou bien conduire à un organe double, destiné dans les circonstances normales à être simple, par suite de la non-soudure des deux parties par lesquelles il débute. Ne peut-on imaginer et expliquer que le cœur double du dugong représente une apparence persistante de cette double origine de l'organe central de la circulation?

Ces deux exemples suffisent pour montrer dans quelle voie féconde s'est engagé M. Dareste, qui, il faut le reconnaître, a fait preuve d'un grand courage pour mener son œuvre à bonne fin, n'ayant pas toujours eu à sa disposition des moyens suffisants de travail pour accomplir des recherches nécessairement coûteuses, longues et difficiles. Combien peu, surtout aujourd'hui, auraient voulu rester cantonnés dans un champ aussi peu attrayant que celui de la création des monstres? Combien se seraient rebutés et auraient abandonné ces observations ingrates et difficiles? Aussi votre Commission a été unanime à louer M. Dareste, et à l'unanimité, de même, elle propose de décerner le prix Serres à l'auteur de la Tératogénie expérimentale.

ERRATA

—

Page 60, ligne 5 (note 1), *au lieu de* : 00, *lire* : 900.
— 62, — 7 (note 1), *au lieu de* : 1887, *lire* : 1888.
— 92, — 6 et 9, *au lieu de* : endoderme, *lire* : entoderme.
— 98, — 22, *au lieu de* : la formation, *lire* : sa formation.
— 102, — 21, *au lieu de* : l'évolution tardive, *lire* : l'incubation tardive.
— 103, — 1 (note 2), *au lieu de* : monstruosites *lire* : monstruosités.
— 108, — 5, *au lieu de* : évolation, *lire* : évolution.
— 122, — 21, *au lieu de* : le répartition, *lire* : la répartition.
— 144, — 18, *au lieu de* : imperméable, *lire* : imperméables.
— 145, — 1, *au lieu de* : à leur aide, *lire* : à son aide.
— 161, — 16, *au lieu de* : étiqueté, *lire* : étiqueté 1.
— 165, — 18, *au lieu de* : l'influence utile de retournement, *lire* : l'influence utile du retournement.
— 181, — 31, *au lieu de* : AB'C'E', *lire* : AB'CE'.
— — — 36, *au lieu de* : B''E''', *lire* : B''E''.
— 182, — 5, *au lieu de* : D''E,', D''E'', *lire* : D'E', D''E''.
— — — 12, *au lieu de* : D'B'E' = DAD', *lire* : D'B'E', ADD'.
— 231, — 30, *au lieu de* : peuvent attendre, *lire* : peuvent atteindre.
— 237, — 26, *au lieu de* : ordonner en séries, *lire* : ordonner en série.
— 239, Fig. et ligne 4, *au lieu de* : Fig. 1, *lire* : Fig. 2, et *au lieu de* : Fig. 2, *lire* : Fig. 1.
— 263, ligne 16, *au lieu de* : à celui que M. Hensen avait représentés, *lire* : à celui que M. Hensen avait représenté.
— 274, — 1, *au lieu de* : 1886, *lire* : 1866.
— — — 13, *au lieu de* : il se produisait, *lire* : il se produirait.
— 278, — 16, *au lieu de* : d'après son mode de formation, *lire* : d'après leur mode de formation.
— 293, — 26, *au lieu de* : ne se forme point, *lire* : ne se ferme point.
— 297, — 37, *au lieu de* : n'ont pas toujours, *lire* : n'a pas toujours.
— 304, — 18, *au lieu de* : acéphaliens, *lire* : anencéphaliens.
— 320 et suiv. Titre au haut des pages, *au lieu de* : MODE ET PRODUCTION, *lire* : MODE DE PRODUCTION.
— 320, — 36, *au lieu de* : quand j'ai constaté, *lire* : quand on a constaté.
— 348, — 2 (Fig. 34), *au lieu de* : c'est l'état inverse, *lire* : c'est l'état direct.
— — — 3 (Fig. 34), *au lieu de* : c'est l'état direct, *lire* : c'est l'état inverse.
— 350, — 1, (Fig. 35), *au lieu de* : la figure 00, *lire* : la figure 34.
— 362, Fig. 39. L'explication de la Fig. 39 doit être remplacée par celle de la Fig. 40.

Page	363,	Fig. 40.	L'explication de la Fig. 40 doit être remplacée par celle de la Fig. 39.
—	379,	ligne	26, *au lieu de* : une invagination de l'entoderme, *lire* : une invagination de l'ectoderme.
—	393,	—	26, *au lieu de* : au défaut de formation, *lire* : au défaut de fermeture.
—	455,	—	23, *au lieu de* : leurs études, *lire* : leur étude.
—	463,	—	11, *au lieu de* : l'épithélium du tube digestif, *lire* : l'épithélium du tube digestif :
—	480,	—	6 (note 3 de la page 479), *au lieu de* : les jumeaux unisexués sont toujours univitellins, *lire* : les jumeaux unevitellins sont toujours unisexués.
—	513,	—	2 (note 1), *au lieu de* : les deux plans médians de chacun des sujets composants, ne se suivent pas en ligne droite, et s'inclinent, *lire* : les deux plans médians de chacun des sujets composants ne se suivent en ligne droite que dans la région thoracique; tandis que, dans la région cervicale et dans la région thoracique, ils s'inclinent.
—	529,	—	19, *au lieu de* : le Splanchnopleure, *lire* : la Splanchnopleure.
—	538,	—	6, *au lieu de* : nous ont apris, *lire* : nous ont appris.
—	—	—	22, *au lieu de* : celui de cheval, *lire* : celui du cheval.
—	539,	—	1 (note 1), *au lieu de* : lit. 5, *lire* : lib. 5.
—	548,	—	30, *au lieu de* : en un canal, *lire* : en canaux.
—	550,	—	2, *au lieu de* : par le musée de Lille, *lire* : pour le musée de Lille.
—	—	—	3, *au lieu de* : j'avais placé, *lire* : j'ai placé.
—	554,	—	35, *au lieu de* : se transformer, *lire* : se transforme.
—	560,	—	19, *au lieu de* : Cyclopédie, *lire* : Cyclopie.
—	561,	—	4, *au lieu de* : elle se complète dans le troisième cas, *lire*: elle se complète dans le troisième.

PLANCHE I.

CICATRICULES ET BLASTODERMES.

Tous ces dessins sont de grandeur naturelle.

LETTRES COMMUNES.

c, cicatricule ; *b*, blastoderme ; *a*, espace vide au centre du blastoderme où s'était produit un embryon ; *e*, embryon.

Fig. 1. Cicatricule féconde, dans un œuf non couvé. C'est une petite lame circulaire, un peu plus transparente au centre que sur les bords. *Elle a été, par erreur, représentée plus grande que dans la réalité, car son diamètre atteint rarement 5 millimètres.*

Fig. 2. Cicatricule dans laquelle il y a eu un commencement de développement, mais où l'embryon a péri de très bonne heure. Elle présente dans son centre un espace transparent formé par la disparition du mésoderme entre l'ectoderme et l'entoderme.

Fig. 3. Cicatricule inféconde. Elle se présente sous l'aspect d'une tache blanche, plus petite que la cicatricule féconde, à contours irréguliers, et formée par un amas de petits grumeaux résultant de la désagrégation de ses éléments (1).

Fig. 4. Deux blastodermes sur un même jaune, provenant du développement de deux cicatricules accolées. Ces deux blastodermes présentent dans leur centre une tache transparente, formée, comme dans la figure 2, par la disparition des mésodermes et l'écartement de l'ectoderme et de l'entoderme. C'est ce que Malpighi considérait comme un amnios. Voir l'Introduction, p. 11.

Fig. 5. Deux blastodermes sur un même jaune. Ils sont à distance l'un de l'autre. On voit dans tous les deux, au centre, des traces non équivoques d'un embryon commençant à se désorganiser.

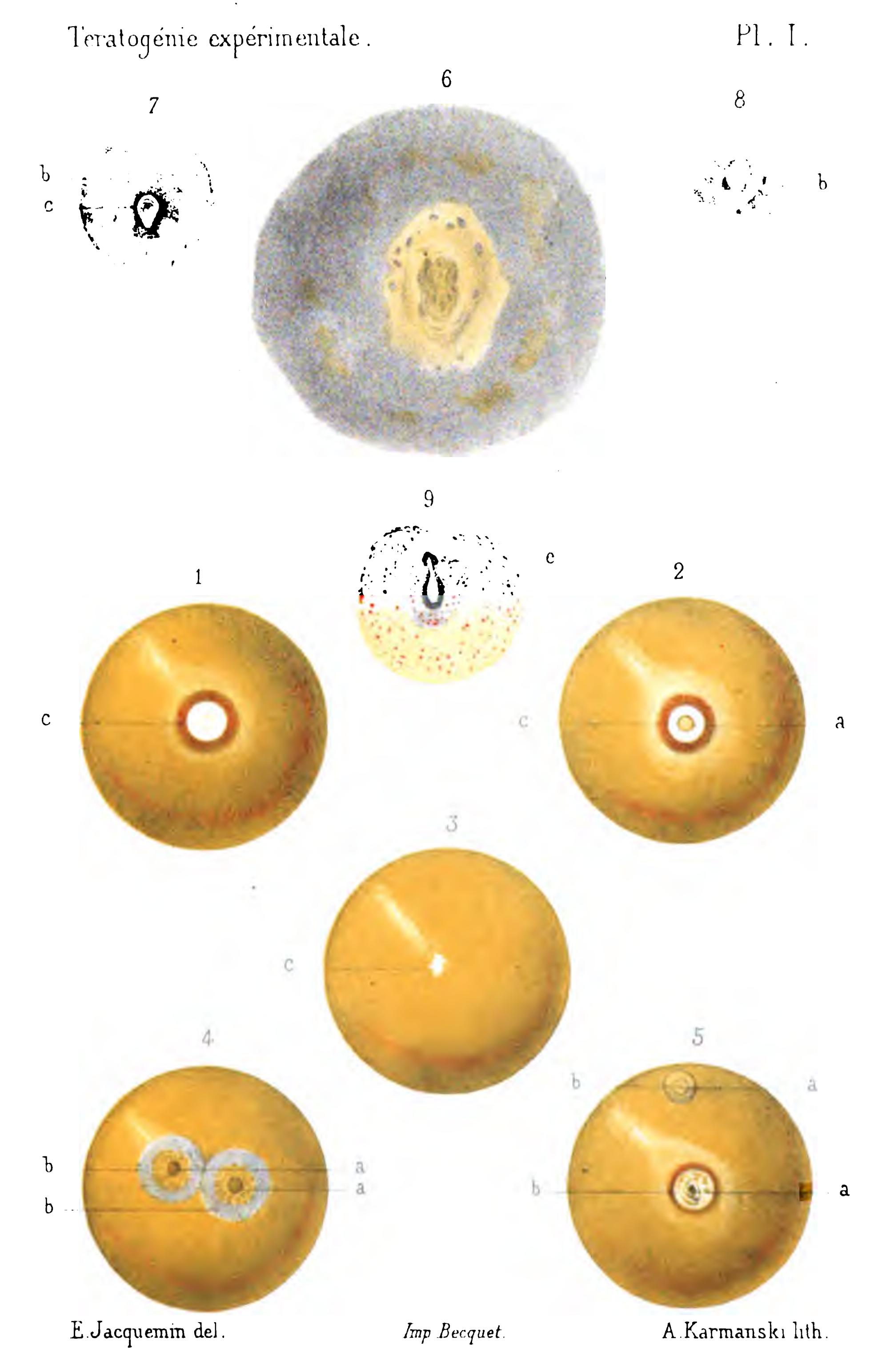
Fig. 6. Blastoderme complètement développé, sans aucune trace d'embryon. Il commence à se désorganiser localement. Cette désorganisation se manifeste par la disparition locale de son opacité, qui laisse apercevoir sur certains points le jaune de l'œuf sous-jacent. Voir la troisième partie, chap. II, § 2.

Fig. 7. Blastoderme présentant en son centre des restes d'embryon. C'est un fait analogue à celui que Malpighi a décrit, et qu'il a considéré comme démontrant la préexistence des germes.

Fig. 8. Blastoderme présentant une destruction complète de la partie centrale, où il y a eu un embryon qui s'est détruit.

Fig. 9. Embryon mort, en partie désorganisé. Il présente une fente médiane que j'ai considérée d'abord comme une rupture de la gouttière primitive, mais qui est probablement due à la permanence du blastopore. C'est un fait comparable à celui des embryons que Lereboullet a décrits chez les Poissons, et qu'il a considérés comme des monstres doubles, ayant une tête unique, une queue unique et deux moitiés de corps séparées (voir p. 390 et 472). L'aire vasculaire était arrêtée dans son développement et présentait des îles de sang remplies de globules, mais complètement isolées les unes des autres.

[1] Dareste. *Sur les caractères qui distinguent la cicatricule féconde de la cicatricule inféconde;* dans les *Comptes rendus*, t. LIX, p. 255. 1861.



E. Jacquemin del. *Imp. Becquet.* A. Karmanski lith.

CICATRICULES ET BLASTODERMES.

Librairie C. Reinwald, Paris.

PLANCHE II.

DUALITÉ PRIMITIVE DU CŒUR

(Voir la 3e partie, chap. Ier.)

Toutes ces figures représentent l'embryon vu par sa face inférieure.
Elles sont grossies quatre fois.

LETTRES COMMUNES.

cc, cœurs ; *ff*, bords antérieurs du feuillet vasculaire ; *am*, amnios ; *o*, orifice de l'intestin antérieur

FIG. 1. Deux blastèmes cardiaques.

FIG. 2. Deux blastèmes cardiaques. Tête déformée, présentant probablement une cyclopie commençante.

FIG. 3. Cœur unique, mais bifide supérieurement, les deux parties supérieures se continuant dans les deux bords antérieurs du feuillet vasculaire. Tête normale, mais engagée en partie dans l'intervalle des deux lames antérieures du feuillet vasculaire.

FIG. 4. Deux tubes cardiaques séparés; l'un des cœurs est plus long que l'autre, et par suite il est recourbé, tandis que l'autre est droit.

FIG. 5. Même figure grossie.

FIG. 6. Deux blastèmes cardiaques.

FIG. 7. Deux tubes cardiaques se faisant face par leur convexité.

FIG. 8. Deux blastèmes cardiaques. Tête très anomale par suite du développement non symétrique des deux parties de la gouttière cérébro-spinale (paracéphalie?).

FIG. 9. Deux tubes cardiaques se faisant face par leurs convexités. On y distingue une région auriculaire et une région ventriculaire, puis supérieurement les bulbes qui vont de dehors en dedans et se dirigent vers la ligne médiane.

FIG. 10. Deux tubes cardiaques juxtaposés. L'un d'eux est plus long que l'autre, et présente une division partie auriculaire et partie ventriculaire.

FIG. 11. Deux blastèmes cardiaques juxtaposés.

FIG. 12. Cœur, dans lequel les deux parties sont soudées, mais présentent encore la cloison intermédiaire. On voit deux étranglements médians qui séparent en bas la région auriculaire; dans la partie moyenne, la région ventriculaire; supérieurement, la région du bulbe.

FIG. 13. Deux blastèmes cardiaques juxtaposés.

FIG. 14. Deux blastèmes cardiaques isolés et inégalement développés. Le blastème cardiaque gauche plus développé que le droit, et présentant une région auriculaire. Tête déformée.

FIG. 15. Deux cœurs séparés, se présentant sous l'aspect de deux tubes recourbés et opposés par leurs faces convexes.

FIG. 16. Deux blastèmes cardiaques juxtaposés. Celui de droite beaucoup plus développé que celui de gauche. Est-ce la condition initiale de l'incurvation de

l'anse cardiaque à la gauche de l'embryon, et, par suite, de l'inversion des viscères ?

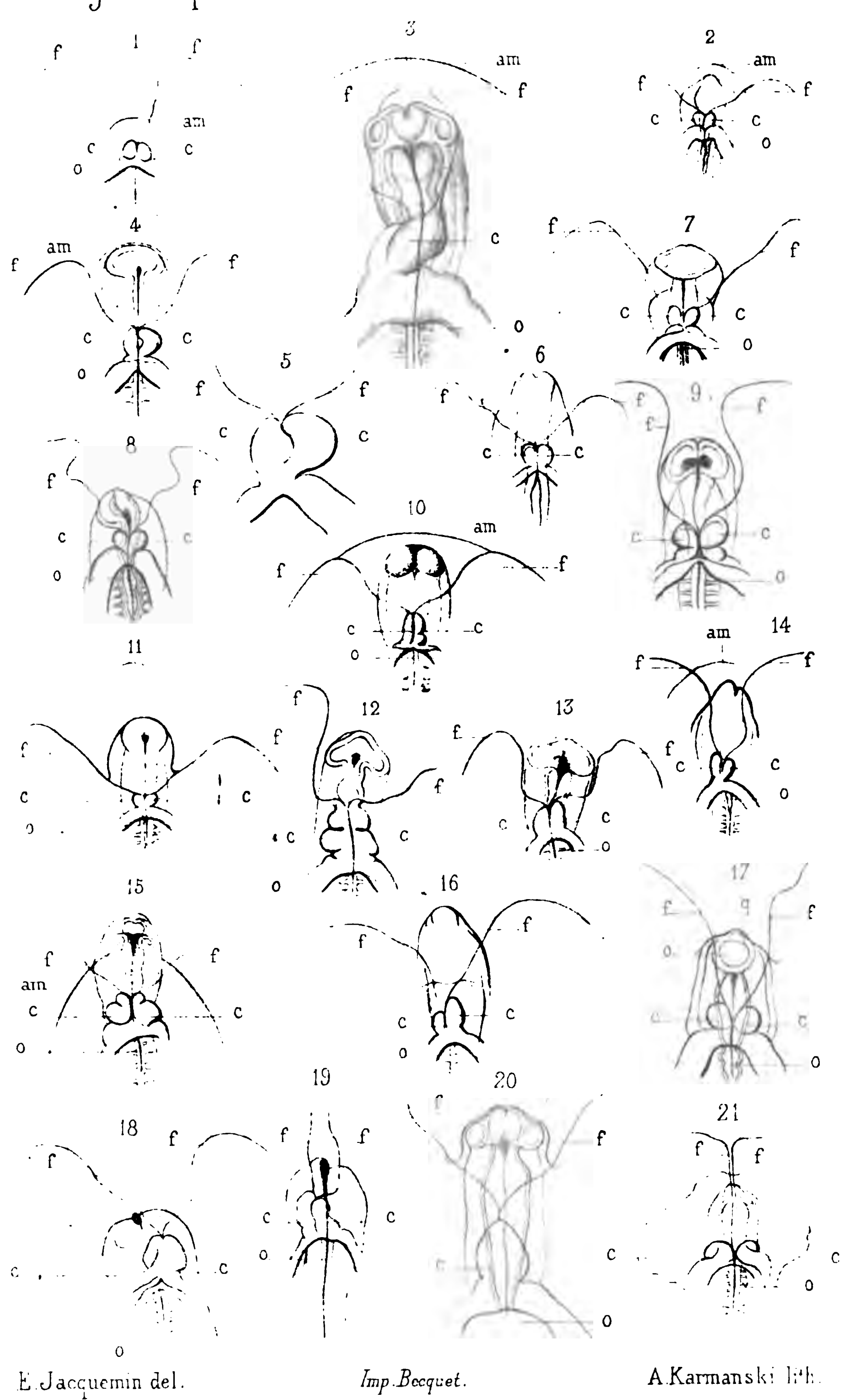
Fig. 17. Deux blastèmes cardiaques complètement séparés. Tête présentant des anomalies : très probablement une cyclopie commençante. La petite vésicule que l'on voit en *q* est la vésicule des hémisphères cérébraux rudimentaires.

Fig. 18. Cœur simple, mais présentant des traces évidentes de la dualité primitive. Tête très déformée et rudimentaire.

Fig. 19. Cœur présentant la juxtaposition des deux tubes cardiaques qui remplacent les blastèmes primitifs. Le cœur droit est plus développé que le gauche. C'est le commencement de l'état normal. Tête rudimentaire et déformée.

Fig. 20. Embryon normal. État normal du cœur, postérieur à la soudure des blastèmes et à la disparition de la cloison. Les lames antérieures du feuillet vasculaire ont commencé à se souder au-dessus de la pointe du cœur.

Fig. 21. Deux tubes cardiaques séparés, et se faisant face par leur convexité. Tête présentant des anomalies.



E. Jacquemin del. *Imp. Becquet.* A. Karmanski lith.

DUALITÉ PRIMITIVE DU CŒUR

Librairie C. Reinwald. Paris.

PLANCHE III.

DÉFORMATIONS DE L'AIRE VASCULAIRE

(3ᵉ partie, chap. II, § 3.)

Tous ces dessins sont un peu plus grands que nature.

LETTRES COMMUNES.

a, embryon ; *b*, amnios ; *c*, ombilic amniotique ; *d*, aire opaque du feuillet vasculaire ; *e*, aire transparente ; *f*, allantoïde ; *g*, artère omphalo-mésentérique droite ; *g'*, artère omphalo-mésentérique gauche ; *hh'*, veines descendantes séparées, ou racines de la veine descendante unique ; *i*, veine ascendante ; *i'*, deuxième veine ascendante.

Fig. 1. Déformation elliptique de l'aire vasculaire, beaucoup plus développée à la droite de l'embryon qu'à la gauche. Développement plus considérable de l'artère omphalo-mésentérique droite que de l'artère omphalo-mésentérique gauche. La veine descendante supérieure est formée par la réunion de deux racines, dont la droite est plus considérable que la gauche. Pas de veine ascendante. L'embryon, presque entièrement retourné, est complètement enfermé dans l'amnios.

Fig. 2. Déformation elliptique de l'aire vasculaire, principalement développée au-dessus de la tête, mais du côté gauche seulement, ce qui tient à ce que la lame antérieure gauche du feuillet vasculaire est seule développée. Inégalité considérable des artères omphalo-mésentériques. Veine descendante provenant du côté gauche. Pas de veine ascendante. Tête de l'embryon complètement retournée et enveloppée dans le capuchon céphalique. Corps de l'embryon non retourné et complètement à nu.

Fig. 3. Déformation elliptique de l'aire vasculaire, beaucoup plus développée à la gauche qu'à la droite de l'embryon. Développement plus considérable de l'artère omphalo-mésentérique gauche que de l'artère omphalo-mésentérique droite. Veine descendante formée par la réunion de deux racines inégales, la veine gauche étant beaucoup plus considérable que la droite. Embryon complètement retourné. Anomalie de l'amnios, qui ne s'est pas formé dans la région postérieure du corps et qui laisse passer l'extrémité caudale.

Fig. 4. Déformation elliptique de l'aire vasculaire, beaucoup plus développée à la gauche qu'à la droite de l'embryon. Développement plus considérable de l'artère omphalo-mésentérique gauche que de l'artère omphalo-mésentérique droite. Deux veines descendantes. Pas de veine ascendante. Embryon retourné seulement dans la région céphalique. Amnios largement ouvert au-dessus du corps de l'embryon qui ne s'est pas encore retourné.

Fig. 5. Déformation elliptique de l'aire vasculaire, principalement développée au-delà de la région caudale de l'embryon, et dont la région droite est également un peu plus développée que la région gauche. Veine descendante formée par une grosse racine provenant du côté droit, mais recevant aussi de très petites racines provenant du côté gauche. Veine ascendante très considérable. Seconde veine ascendante, moins volumineuse, occupant le côté droit de l'aire vasculaire. Embryon presque entièrement retourné et complètement enveloppé dans l'amnios.

Fig. 6. Déformation elliptique de l'aire vasculaire, principalement développée au delà de la région caudale. Inégalité des artères omphalo-mésentériques; celle du côté gauche beaucoup plus développée que celle du côté droit. Veine ascendante très développée. Veine descendante unique; sa position oblique résulte du développement des deux lames supérieures du feuillet vasculaire, car cette veine se produit dans la région où ces deux lames s'unissent l'une à l'autre. Embryon presque entièrement retourné et complètement enveloppé dans l'amnios.

Fig. 7. Déformation elliptique de l'aire vasculaire, principalement développée au delà de la région caudale. Inégalité légère des artères omphalo-mésentériques; la droite un peu plus considérable que la gauche. Deux veines descendantes séparées; leur obliquité indique un plus grand développement de la

lame antérieure droite du feuillet vasculaire. Veine ascendante très développée. Embryon présentant cette particularité que le corps s'est retourné en sens inverse de la tête, dont le retournement est normal. Allantoïde sortant au côté gauche de l'embryon.

Fig. 8. Déformation elliptique de l'aire vasculaire, développée surtout au-dessous de la région caudale, et à droite de l'embryon. Très légère inégalité des artères omphalo-mésentériques, celle du côté gauche étant un peu plus considérable que celle du côté droit. Deux veines descendantes supérieures légèrement inclinées. Pas de veine ascendante. L'examen de la figure montre que la lame antérieure du côté gauche s'est plus développée que celle du côté droit. C'est le contraire de ce qui a eu lieu pour la partie inférieure.

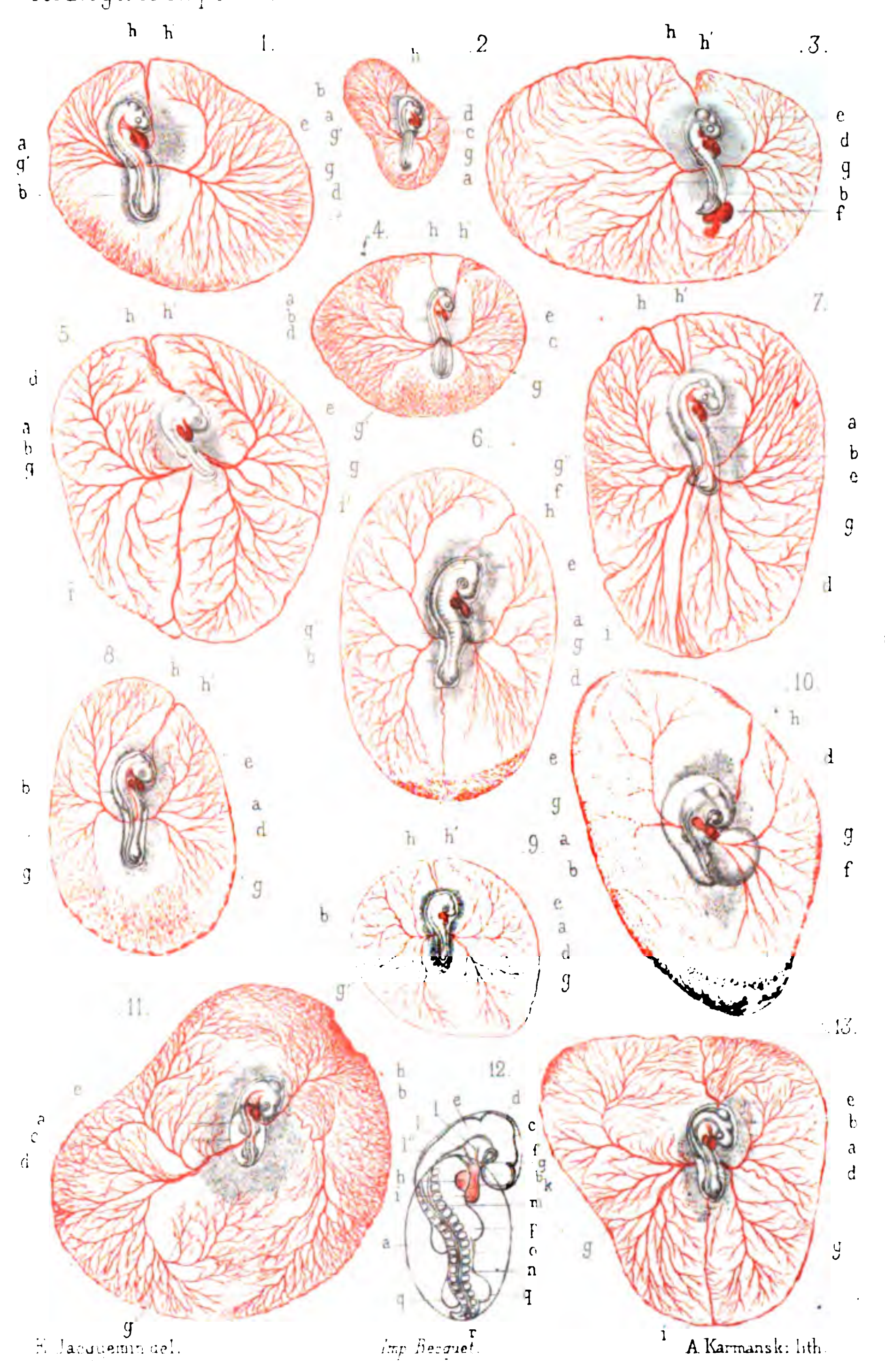
Fig. 9. Déformation elliptique de l'aire vasculaire, peu marquée. Toutefois, la moitié droite est plus considérable que la moitié gauche, surtout au-dessous de l'embryon. Légère inégalité des artères omphalo-mésentériques. Deux veines descendantes légèrement obliques : celle du côté gauche plus volumineuse que celle du côté droit. Embryon incomplètement retourné, complètement enfermé dans l'amnios.

Fig. 10. Déformation elliptique de l'aire vasculaire, qui s'est surtout développée au-dessus de la tête, et au côté gauche, par suite du développement excessif de la lame antérieure gauche. Artère omphalo-mésentérique gauche beaucoup plus développée que l'artère omphalo-mésentérique droite. Veine descendante unique provenant surtout du côté gauche. Embryon complètement retourné et enveloppé dans l'amnios. Allantoïde considérable. Cet embryon, bien que vivant, était dans un état de souffrance rendu manifeste par l'état particulier de l'appareil circulatoire que représente la figure, état de souffrance qui annonçait une mort prochaine. Les vaisseaux paraissent comme interrompus, par suite de leur contraction irrégulière, qui produit dans leur parcours des arrêts momentanés du sang.

Fig. 11. Déformation elliptique de l'aire vasculaire, beaucoup plus développée à la gauche de l'embryon et dans la région inférieure. C'est un exemple remarquable de déformation oblique. Existence d'une seule artère omphalo-mésentérique à gauche. Le système artériel peu développé en comparaison du système veineux, qui présente des ramifications nombreuses, mais fort irrégulières. Tête de l'embryon retournée. Arrêt de développement de l'amnios, qui est largement ouvert dans la région postérieure, et laisse le corps entièrement à nu. Incurvation latérale du tronc, qui résulte manifestement de l'arrêt de développement de l'amnios.

Fig. 12. Embryon précédent, grossi pour montrer les rapports de l'incurvation de la colonne vertébrale avec l'arrêt de développement de l'amnios. — *Explication des lettres :* — *a*, ombilic amniotique largement ouvert; *b*, première vésicule cérébrale; *c*, vésicule du troisième ventricule; *d*, vésicule des lobes optiques; *e*, vésicule de la moelle allongée; *f*, œil; *g*, fente choroïdienne; *h*, région auriculaire du cœur; *i*, région ventriculaire; *k*, bulbe de l'aorte; *l l' l''*, crosses de l'aorte; *m*, moelle épinière; *n*, lames dorsales; *o*, lames latérales; *p*, membres antérieurs; *q*, membres postérieurs; *r*, extrémité coccygienne.

Fig. 13. Déformation elliptique de l'aire vasculaire, résultant principalement du développement de la lame antérieure gauche du feuillet vasculaire. Artère omphalo-mésentérique gauche beaucoup plus développée que la droite. Veine descendante formée par la réunion de deux racines très écartées qui se réunissent au-dessus de la tête. Veine ascendante considérable. Embryon incomplètement retourné et enveloppé dans l'amnios.



DÉFORMATION DE L'AIRE VASCULAIRE

Librairie Reinwald Paris.

PLANCHE IV.

ARRÊT DE DÉVELOPPEMENT DES ÎLES DE SANG.

(3ᵉ partie, chap. II, § 4.)

LETTRES COMMUNES.

a, aire opaque du feuillet vasculaire ; *b*, aire transparente ; *c*, îles de sang isolées et dilatées ; *d*, îles de sang forman des réseaux ; *f*, amnios ; *g*, pli de l'amnios ou ombilic amniotique ; *h*, tête de l'embryon ; *i*, œil ; *j*, vésicules cérébrales ; *k*, cœur ; *l*, moelle épinière ; *m*, lames dorsales ; *n*, lames latérales.

Fig. 1. Embryon hydropique. Arrêt de développement et dilatation légère des îles de sang, qui n'ont commencé à se canaliser que sur certains points, particulièrement sur le contour du feuillet vasculaire, où elles indiquent la veine circulaire. On voit aussi deux traînées assez régulières au-dessus de la tête, traînées qui indiquent vaguement deux veines descendantes. Embryon retourné seulement dans la région céphalique. Cœur battant sur du sang incolore. Arrêt de développement de l'amnios, qui n'est complètement formé que dans le capuchon céphalique, et qui, recouvrant la tête, laisse tout le reste du corps à découvert. Hydropisie légère de l'embryon, manifestée par une hydrorachis partielle, et surtout par l'œdème des lames latérales. Grandeur naturelle.

Fig. 2. Embryon hydropique. Arrêt de développement des îles de sang, qui présentent sur quelques points seulement de légers réseaux. Il y a toutefois une indication manifeste de la veine circulaire. Embryon complètement exsangue, entièrement en dehors de l'amnios, qui s'est arrêté tout à fait à son début et présente seulement un pli elliptique tout autour de lui. Tête retournée sur le jaune, de manière à lui faire face par son côté droit. Hydrorachis énorme manifestée par l'écartement considérable des deux cordons de la moelle épinière. Grandeur naturelle.

Fig. 3. Embryon hydropique. Déformation considérable de l'aire vasculaire, et arrêt de développement des îles de sang, qui sont peu dilatées, mais ne présentent aucune vascularisation. Embryon très déformé par l'hydropisie, et devenu presque entièrement méconnaissable, presque entièrement à découvert en dehors de l'amnios. Cœur très dilaté et rempli de sang rouge, par suite de sa communication avec quelques îles de sang. Grandeur naturelle.

Fig. 4. Fragment du feuillet vasculaire montrant les îles de sang arrêtées dans leur développement et dilatées. Ces îles, à contours très nets, contiennent une énorme quantité de globules de sang, qui, du reste, y sont très irrégulièrement répartis. Grossi dix fois.

Fig. 5. Formation du réseau normal des vaisseaux capillaires du feuillet vasculaire à l'aide des prolongements étoilés des îles sanguines. Grossi trois fois.

Fig. 6. Embryon normal. Aire vasculaire présentant un remarquable arrêt de développement des vaisseaux sanguins. Le système artériel s'est développé à peu près seul, ses ramifications se terminant en cul-de-sac. Le système veineux est réduit à la veine circulaire, qui, dans la région supérieure, émet une veine descendante ramifiée au-dessus de la tête. On aperçoit au-dessous de la tête quelques ramuscules veineux qui paraissent faire complètement défaut dans le reste



du feuillet vasculaire. *oo*, artères omphalo-mésentériques se terminant dans des ramifications en cul-de-sac; *p*, veine circulaire; *q*, veine descendante. Grossi trois fois.

Fig. 7. Embryon hydropique, presque entièrement enfermé dans l'amnios, qui présente encore un ombilic amniotique largement ouvert dans la région dorsale. Hydropisie considérable, pas assez cependant pour déformer complètement l'embryon. Cette hydropisie se manifeste par l'hydrorachis, qui résulte de l'écartement des cordons de la moelle épinière; par l'œdème des vertèbres primitives, qui sont transparentes et écartées les unes des autres; par l'œdème des lames latérales; par la déformation considérable des vésicules cérébrales. Cœur dilaté et battant sur du sang incolore. Iles sanguines isolées et très dilatées; quelques-unes seulement, en très petit nombre, se sont unies entre elles. Grossi cinq fois.

.1. b h a k e c r g

.2. h a b l m c i g

.3. k a j e

.4. a a

5.

.6. q f k m n p

.7. j i k d c f

E. Jacquemin del. *Imp. Becquet* A. Karmanski lith.

ARRÊT DE DÉVELOPPEMENT DES ÎLES DE SANG

Librairie Reinwald, Paris

PLANCHE V.

HYDROPISIE EMBRYONNAIRE.

(3e partie, chap. II, § 4.)

LETTRES COMMUNES.

a, aire opaque du feuillet vasculaire ; *b*, aire transparente ; *c*, îles de sang isolées et dilatées ; *d*, îles de sang formant des réseaux ; *e*, lacunes sanguines ; *f*, amnios ; *g*, pli de l'amnios ou ombilic amniotique ; *h*, tête de l'embryon ; *i*, œil ; *j*, bouche ; *k*, vésicules cérébrales ; *l*, cœur ; *m*, moelle épinière ; *n*, lames dorsales ; *o*, lames latérales ; *p*, gouttière abdominale ; *q*, membres supérieurs ; *r*, membres inférieurs ; *s*, extrémité coccygienne.

Fig. 1. Embryon hydropique. Amnios largement ouvert, se présentant sous la forme d'un pli elliptique qui ne recouvre pas l'embryon et qui est seulement appliqué contre lui dans la région de la tête. Distension énorme des vésicules encéphaliques par l'hydropisie, tandis que les cordons de la moelle ne sont écartés l'un de l'autre que sur un point seulement. Lames dorsales très peu modifiées, mais œdème considérable des lames latérales. Corps présentant une double incurvation, ce qui fait croire que la partie postérieure de l'amnios a exercé primitivement une compression sur la partie postérieure de l'embryon, puis s'en est notablement écartée. Cœur rempli de sang incolore. On aperçoit au-dessous de l'amnios une vascularisation incomplète de l'aire transparente, formée par des vaisseaux qui ne se sont point soudés avec le cœur. Un peu plus loin se voient des îles de sang isolées. Grossi quatre fois.

Fig. 2. Embryon hydropique. Aire vasculaire présentant au-dessous de l'embryon deux énormes lacunes remplies de sang rouge et dans lesquelles viennent aboutir un grand nombre de vaisseaux également remplis de sang rouge; mais ce système de grandes lacunes sanguines ne s'est point mis en communication avec le cœur, qui bat sur du sang incolore. Arrêt de développement de l'amnios, qui présente un large ombilic amniotique au-dessus de la région dorsale. Distension hydropique considérable de la poche formée tout autour de l'embryon par le plissement de l'ectoderme avant que l'amnios soit complètement formé. L'embryon que l'on aperçoit au travers des membranes de l'amnios n'a pas d'yeux; les lames dorsales et surtout les lames latérales sont très œdématiées. Grossi cinq fois.

Fig. 3. Embryon hydropique. Aire vasculaire presque sans vascularisation. Iles de sang nombreuses et un peu réticulées vers la circonférence de l'aire vasculaire. Quelques lacunes sanguines énormes, mais très peu nombreuses, dans l'aire transparente. Hydropisie énorme de l'amnios. Distension hydropique considérable des vésicules encéphaliques. Les lames dorsales et surtout les lames latérales notablement œdématiées. Le cœur s'était uni avec les grandes lacunes de l'aire transparente et contenait un peu de sang rouge. Grossi trois fois.

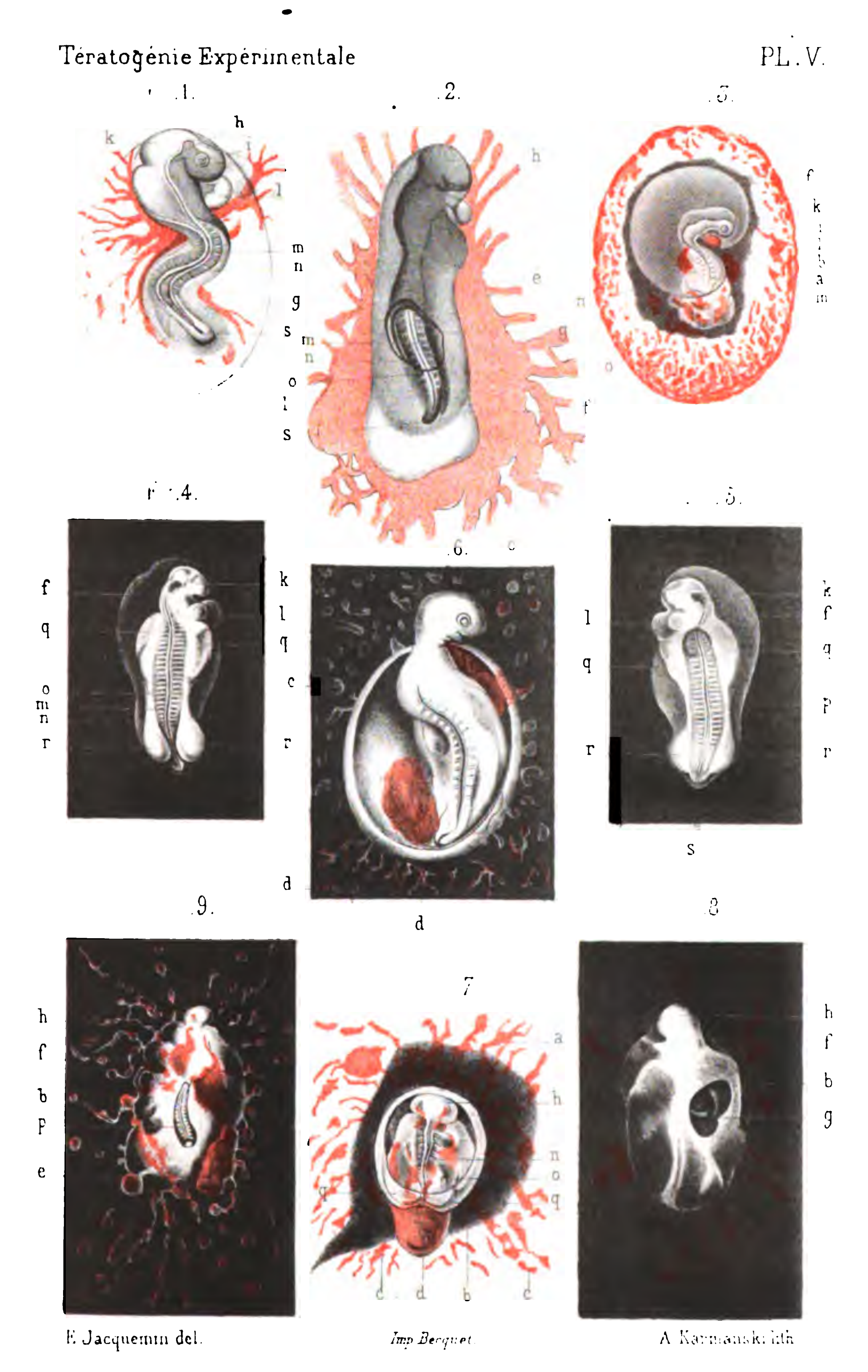
Fig. 4 et 5. Embryon hydropique complètement enfermé dans l'amnios, qui est lui-même affecté d'hydropisie. Distension des vésicules cérébrales; absence des yeux; hydrorachis légère. Œdème des lames dorsales et des lames latérales. Renversement des membres postérieurs, point de départ de la symélie. Le cœur bat sur un sang complètement incolore. On voit sur la face inférieure (fig. 5) la gouttière abdominale très largement ouverte. Grossi trois fois.

Fig. 6. Embryon hydropique. Aire vasculaire non canalisée. Iles de sang dilatées et remplies de globules, avec une très légère réticulation sur certains points. Deux énormes lacunes au-dessous de l'embryon, l'une à gauche de la partie

inférieure, l'autre à droite et au-dessus du cœur, qui, par suite de sa communication avec elle, s'est rempli de sang rouge. Amnios incomplètement formé et réduit à un pli elliptique moins grand que l'embryon. Tête de l'embryon entièrement en dehors de l'amnios. Corps infléchi. Œdème considérable des lames dorsales et des lames latérales. Grossi quatre fois.

Fig. 7. Embryon hydropique. Aire vasculaire présentant des lacunes sanguines assez grandes et ayant un peu la forme de vaisseaux sanguins. Quelques-unes présentent des dimensions considérables. Amnios constitué uniquement par un pli saillant qui entoure l'embryon de tous les côtés. Embryon hydropique et très déformé par l'hydropisie. Tête pas encore retournée; elle est trop déformée pour qu'on puisse y reconnaître les différentes parties, mais présente la forme générale de la tête des cyclopes au début de sa formation. Le tronc laisse apercevoir une hydrorachis, puis un œdème considérable des lames dorsales et des lames latérales. On aperçoit à la partie postérieure les membres postérieurs retournés, comme dans la symélie. L'augmentation de volume qu'ils doivent à l'hydropisie est ce qui détermine leur pression contre l'amnios et par suite leur déviation. On aperçoit dans l'intérieur du corps des taches rouges : ce sont des lacunes pleines de sang comparables à celles de l'aire vasculaire. Grossi deux fois.

Fig. 8. Embryon hydropique vu par la face supérieure. Fig. 9. Le même vu par la face inférieure. Aire vasculaire non canalisée. Iles sanguines très dilatées, les unes complètement isolées, d'autres réunies et formant de petits chapelets. Quelques grandes lacunes au-dessous du corps, mais sans communication avec le cœur. Amnios presque entièrement formé, mais avec un ombilic amniotique encore largement ouvert et qui laisse apercevoir certaines parties de l'embryon. L'embryon n'est ici visible que par transparence au travers des parois de l'amnios et du faux amnios. Il est partiellement déformé par l'hydropisie. Tête tournée à droite. Cœur à droite et battant sur du sang incolore. La position du cœur indique un commencement d'inversion des viscères. On voit, à la face inférieure, la gouttière abdominale qui n'est pas fermée. Grossi quatre fois.



E. Jacquemin del. *Imp. Becquet.* A. Karmanski lith.

HYDROPISIE DE L'EMBRYON

Librairie C. Reinwald Paris

PLANCHE VI.

HYDROPISIE EMBRYONNAIRE.

(3e partie, chap. II, § 4.)

LETTRES COMMUNES.

a, amnios ; *b*, tête ; *c*, lames dorsales ; *d*, lames latérales ; *e*, œil ; *f*, cœur ; *g*, membres antérieurs ; *h*, membres postérieurs ; *i*, aire transparente ; *j*, aire opaque ; *k*, îles de sang ; *l*, lacunes situées au-dessous de l'embryon ; *m*, gouttière abdominale.

Fig. 1. Embryon complètement déformé par l'hydropisie, vu par la face supérieure. Fig. 2. Le même, vu par la face inférieure. Amnios appliqué contre l'embryon et le comprimant, par suite du développement énorme des lames latérales. Tête arrêtée dans son développement rudimentaire, et ne présentant aucun organe des sens (organisation qui rappelle la *triocéphalie*). Lames dorsales très petites et disparaissant complètement entre les lames latérales. Lames latérales énormément distendues par l'œdème. Elles ont une coloration rougeâtre par le fait de l'existence de lacunes sanguines dans leur intérieur, lacunes qui communiquent avec d'énormes lacunes sanguines de l'aire transparente. Cœur petit, battant sur du sang rouge, par suite de sa communication avec les lacunes extérieures. On voit à la face inférieure un sillon qui résulte de la fermeture incomplète de la gouttière abdominale. Grossi cinq fois.

Fig. 3. Embryon légèrement atteint par l'hydropisie. On aperçoit par transparence quelques lacunes sanguines au-dessous de lui. Amnios incomplètement formé et présentant au-dessus du corps un large ombilic. Cœur battant sur du sang rouge par suite de ses rapports avec les lacunes sanguines. Membres supérieurs et membres inférieurs retournés; ce dernier fait est le point de départ de la symélie. Grossi deux fois.

Fig. 4. Embryon complètement déformé par l'hydropisie. Amnios n'existant qu'à la partie postérieure et appliqué immédiatement sur l'embryon. L'embryon présente, à la partie supérieure, une tête plus ou moins déformée, mais encore reconnaissable, et qui laisse voir l'œil. Cœur énormément dilaté, comme cela arrive fréquemment dans l'hydropisie embryonnaire, battant sur du sang rouge, par suite de la communication de ses cavités avec les lacunes sanguines de l'aire transparente. Le reste du corps, formé principalement par les lames latérales, transformé en une vésicule complètement transparente. Grossi trois fois.

Fig. 5. Embryon complètement déformé par l'hydropisie, et entièrement changé en une vésicule transparente. Il est impossible d'y reconnaître aucune partie, sauf le cœur, qui, bien que rempli d'un liquide incolore, se manifeste cependant par ses battements; il est à la gauche de l'embryon, ce qui est le premier fait de l'inversion des viscères. Grossi trois fois.

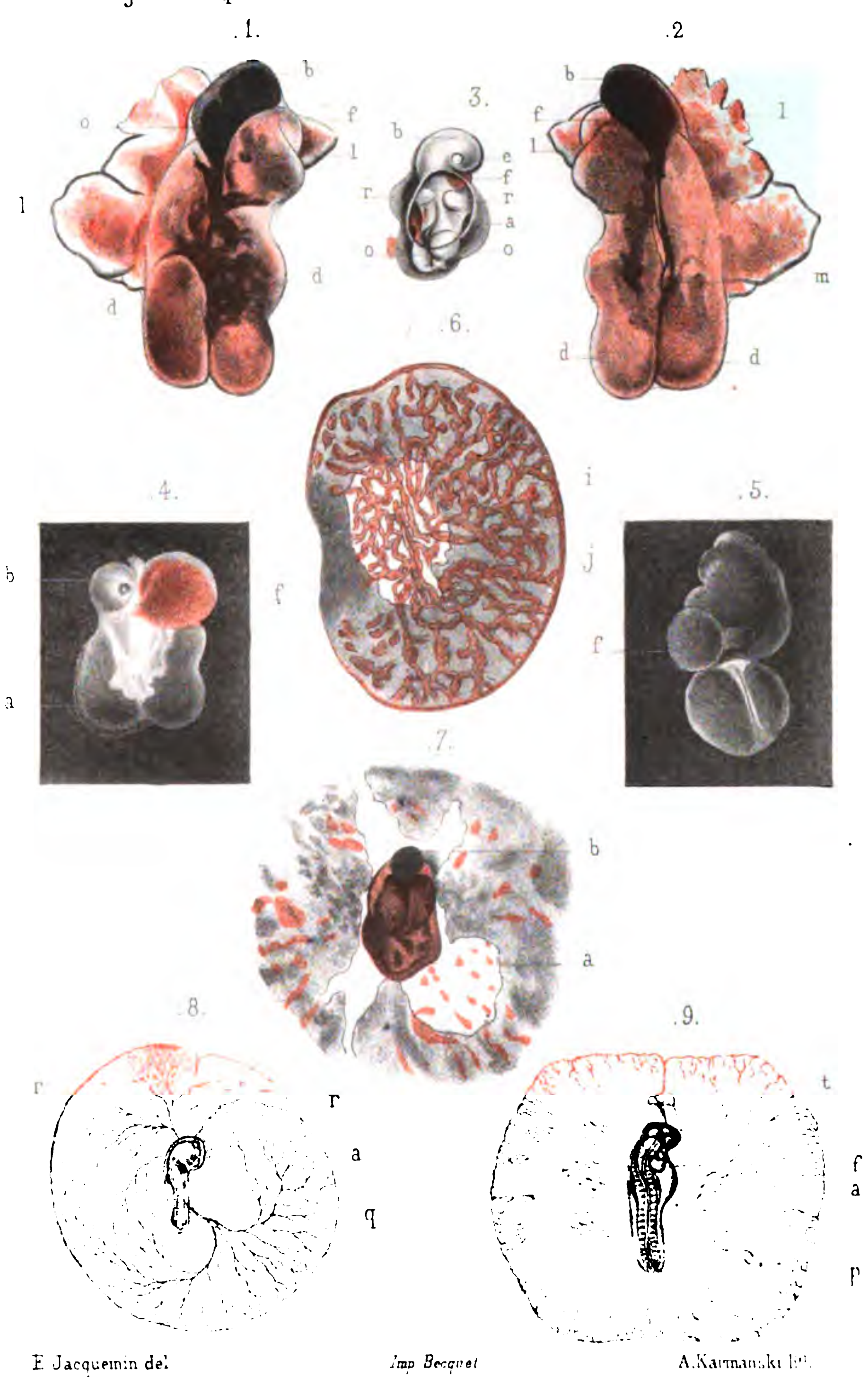
Fig. 6. Défaut de différenciation entre l'embryon et le feuillet vasculaire. Distinction de l'aire transparente et de l'aire opaque. Formation d'un réseau de vaisseaux capillaires par la réunion des îles de sang; ce réseau communique avec la veine circulaire qui existe déjà en grande partie et forme le contour à peu près complet de cet étrange organisme. On voit encore sur quelques points des îles de sang qui restent isolées. Cet appareil vasculaire ne peut servir à la circulation faute d'un organe contractile. Je considère cet organisme comme correspondant aux anides. (Voir le chap. VIII de la 3e partie, § 5.) Grossi deux fois.



Fig. 7. Embryon hydropique. Absence de canalisation de l'aire vasculaire, qui ne présente que des lacunes sanguines plus ou moins grandes. Amnios très incomplet, presque entièrement réduit au capuchon caudal et aux capuchons latéraux; le capuchon céphalique manque entièrement. Il en résulte une large ouverture de l'ombilic amniotique. Tête très petite, rudimentaire, sans organes des sens, présentant les caractères de la triocéphalie. Lames dorsales très petites; lames latérales énormes, et présentant une coloration rougeâtre tenant à l'existence de lacunes sanguines qui sont en continuité avec les lacunes de l'aire vasculaire Grossi deux fois.

Fig. 8. Embryon normal, presque entièrement retourné et complètement enveloppé dans l'amnios. Déformation elliptique peu considérable du feuillet vasculaire, dont le segment droit est plus développé que le segment gauche. Absence complète de l'artère omphalo-mésentérique gauche, qui est suppléée par les ramifications de l'artère omphalo-mésentérique droite. Deux veines descendantes très écartées l'une de l'autre, et peu développées. *n*, artère omphalo-mésentérique; *oo'*, veines descendantes. Grandeur naturelle.

Fig. 9. Embryon légèrement hydropique. Canalisation incomplète de l'aire vasculaire. Iles de sang isolées, et formant seulement sur certains points des réseaux partiels. On voit cependant la veine circulaire et l'indication de la veine descendante. Amnios presque entièrement formé, sauf le capuchon caudal, qui fait défaut et laisse une ouverture, l'ombilic amniotique, tout à fait à l'extrémité postérieure du corps. Distension des vésicules encéphaliques. Léger écartement des cordons de la moelle. Œdème des lames dorsales et des lames latérales. Cœur battant sur du sang incolore. *p*, ouverture de l'amnios à sa partie postérieure; *o*, indices de la veine descendante. Grossi deux fois.



E. Jacquemin del. Imp. Becquet A. Karmanski lith.

HYDROPISIE DE L'EMBRYON

Librairie C. Reinwald Paris

PLANCHE VII.

ANOMALIES DANS LA DISPOSITION DES VAISSEAUX DE L'AIRE VASCULAIRE.

(3e partie, chap. II, § 6.)

Presque tous ces dessins sont grossis une fois et demie ou deux fois.

LETTRES COMMUNES.

am, amnios ; *ao*, artères omphalo-mésentériques ; *vd*, veines descendantes ; *va*, veine ascendante ; *vl*, veines latérales.

Fig. 1. Extrémité postérieure d'un embryon, présentant une seule artère omphalo-mésentérique. Grossie six fois.

Fig. 2. Embryon presque entièrement enveloppé dans l'amnios, à l'exception de l'extrémité caudale. Veine descendante formée presque également par deux racines descendant de la partie supérieure de la veine circulaire.

Fig. 3. Embryon complètement enveloppé dans l'amnios, mais non retourné. Veine descendante formée par des racines provenant surtout du côté droit de l'aire vasculaire, tandis que celles du côté gauche sont rudimentaires. Deux veines ascendantes presque égales. Grossi trois fois.

Fig. 4. Embryon complètement enfermé dans l'amnios, qui présente encore l'ombilic dans la région du tronc. La veine descendante provient surtout d'une racine assez grosse qui se continue avec l'une des moitiés supérieures de la veine circulaire.

Fig. 5. Tête d'un embryon avec deux veines descendantes juxtaposées un peu au-dessus de la tête. Grossie trois fois.

Fig. 6. Tête d'un embryon avec deux veines descendantes écartées l'une de l'autre. Grossie trois fois.

Fig. 7. Embryon dont la tête est enfermée dans le capuchon céphalique. Deux veines descendantes très écartées.

Fig. 8. Embryon complètement enfermé dans l'amnios. Veine descendante formée par deux racines très inégales, l'une beaucoup plus grosse, l'autre beaucoup plus petite.

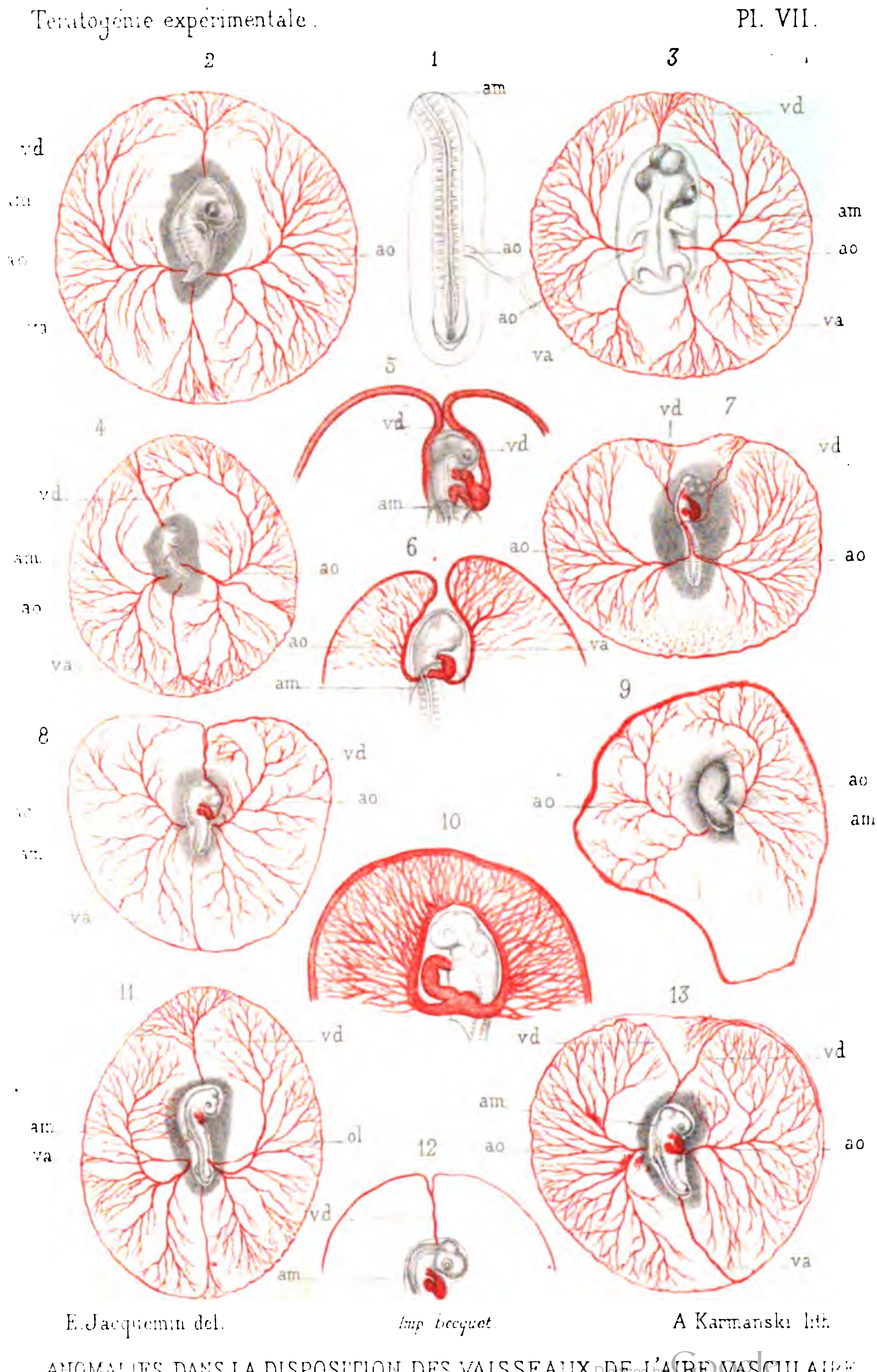
Fig. 9. Embryon complètement enveloppé dans l'amnios. Tête engagée dans l'intérieur du jaune. Absence de grosses veines, qui sont remplacées par des vaisseaux capillaires.

Fig. 10. Tête d'un embryon vue par la face inférieure. Absence de veines descendantes; elles sont remplacées par un réseau de vaisseaux capillaires. Grossie quatre fois.

Fig. 11. Embryon enfermé dans l'amnios. Veine omphalo-mésentérique supérieure formée par la convergence d'un certain nombre de racines. Deux veines omphalo-mésentériques latérales.

Fig. 12. Tête d'un embryon, avec une veine descendante formée par deux racines inégales, disposées dans un autre sens que celles de la figure 8. Grossie trois fois.

Fig. 13. Embryon enfermé dans l'amnios. Veine descendante formée par deux racines. La veine circulaire est contournée dans la partie supérieure par une veine très petite.



E. Jacquemin del. *Imp. Becquet.* A. Karmanski lith.

ANOMALIES DANS LA DISPOSITION DES VAISSEAUX DE L'AIRE VASCULAIRE.

Librairie C. Reinwald, Paris.

PLANCHE VIII.

HÉTÉROTAXIE.

(3e partie, chap. III.)

Presque tous ces dessins sont grossis de deux à trois fois.

LETTRES COMMUNES.

am, amnios ; *al*, allantoïde ; *o*, oreillette ; *v*, ventricule ; *b*, bulbe ; *ao*, art. omphalo-mésentériques ; *c*, cœur ; *vd*, veine descendante ; *va*, veine ascendante.

Fig. 1. Embryon enveloppé dans l'amnios, sauf la partie inférieure. Tête couchée sur le côté droit. Allantoïde sortie à gauche. L'oreillette n'est pas encore complètement redressée. Toutefois la position de l'allantoïde rend l'inversion très probable.

Fig. 2. Embryon enveloppé dans l'amnios. Tête couchée sur le côté droit. Allantoïde sortie à droite. Inversion probable du cœur.

Fig. 3. Embryon presque entièrement enfermé dans l'amnios, qui présente un large ombilic. Tête couchée sur le côté droit. Inversion probable du cœur.

Fig. 4. Embryon complètement enfermé dans l'amnios. Tête retournée et couchée sur le côté droit. Inversion du cœur. Allantoïde sortie à la gauche de l'embryon. Veine descendante et veine ascendante placées dans une position différente de la position naturelle.

Fig. 5. Embryon ayant la tête en partie enfermée dans une excavation du jaune. Large ombilic amniotique au-dessus du tronc. Anse cardiaque très volumineuse et située à gauche de l'embryon. Etait-ce un commencement d'inversion ? Anomalies considérables des vaisseaux de l'aire vasculaire.

Fig. 6. Embryon recouvert seulement en partie par l'amnios. Tête couchée sur le côté droit. La disposition du cœur prouve qu'il n'y a pas inversion; en effet l'oreillette est sur le premier plan, au lieu d'être en arrière. Il n'y a là qu'un retournement accidentel de la tête.

Fig. 7. Embryon recouvert seulement en partie par l'amnios, qui présente encore un large ombilic. Tête couchée sur le côté droit. Y aurait-il eu inversion ?

Fig. 8. Embryon complètement recouvert par l'amnios. Tête couchée sur le côté droit. La position de l'oreillette prouve l'existence de l'inversion.

Fig. 9. Embryon non entièrement recouvert par l'amnios. Tête retournée sur le côté droit. La disposition du cœur prouve l'existence de l'inversion.

Fig. 10. Embryon entièrement recouvert par l'amnios. Tête retournée sur le côté droit. Allantoïde sortie à la droite de l'embryon. Pas d'inversion.

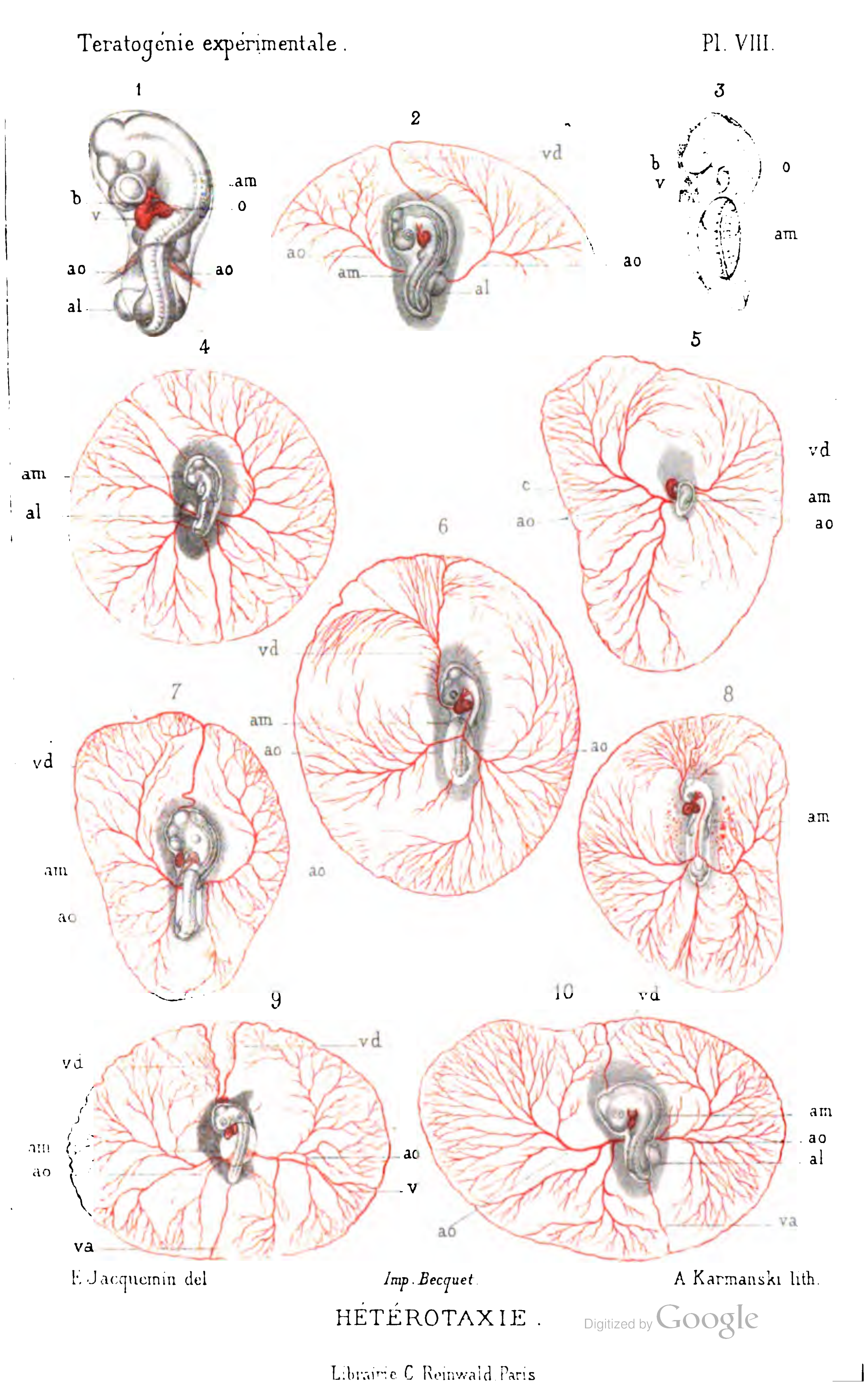

Teratogénie expérimentale.
Pl. VIII.
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
b
v
am
o
ao
al
vd
c
va
E. Jacquemin del
Imp. Becquet
A. Karmanski lith.
HÉTÉROTAXIE.
Librairie C. Reinwald Paris

PLANCHE IX.

TRIOCÉPHALIE. — CYCLOPIE.

(3ᵉ partie, chap. V, §§ 3 et 4.)

Presque tous ces dessins sont grossis cinq fois.

LETTRES COMMUNES.

a, appareil oculaire formé par l'union ou la juxtaposition des deux yeux ; *b*, corde dorsale ; *c*, pli de l'amnios ; *d*, anse cardiaque ; *e*, bords des lames antérieures du feuillet vasculaire ; *f*, gouttière abdominale.

Fig. 1. Embryon cyclope; face supérieure. Absence des protovertèbres.

Fig. 2 et 3. Embryon cyclope; face supérieure (fig. 2); face inférieure (fig. 3). Absence des protovertèbres. Anse cardiaque sortant au côté gauche de l'embryon (fait initial de l'inversion).

Fig. 4. Embryon cyclope (face supérieure).

Fig. 5. Embryon cyclope (face supérieure). Appareil oculaire occupant l'extrémité antérieure de la tête. Absence des protovertèbres. Deux anses cardiaques.

Fig. 6 et 7. Embryon triocéphale; face supérieure (fig. 6); face inférieure (fig. 7).

Fig 8. Embryon cyclope ; face supérieure. Tête au-dessus du capuchon céphalique de l'amnios. Anse cardiaque sortie à la gauche de l'embryon (inversion), communiquant avec d'énormes lacunes sanguines qui remplacent les veines.

Fig. 9. Embryon cyclope (face inférieure). Blastèmes cardiaques juxtaposés, et inégaux en volume.

Fig. 10. Embryon cyclope (face supérieure). Les deux lames antérieures du feuillet vasculaire ne s'unissent qu'au-dessus de la tête.

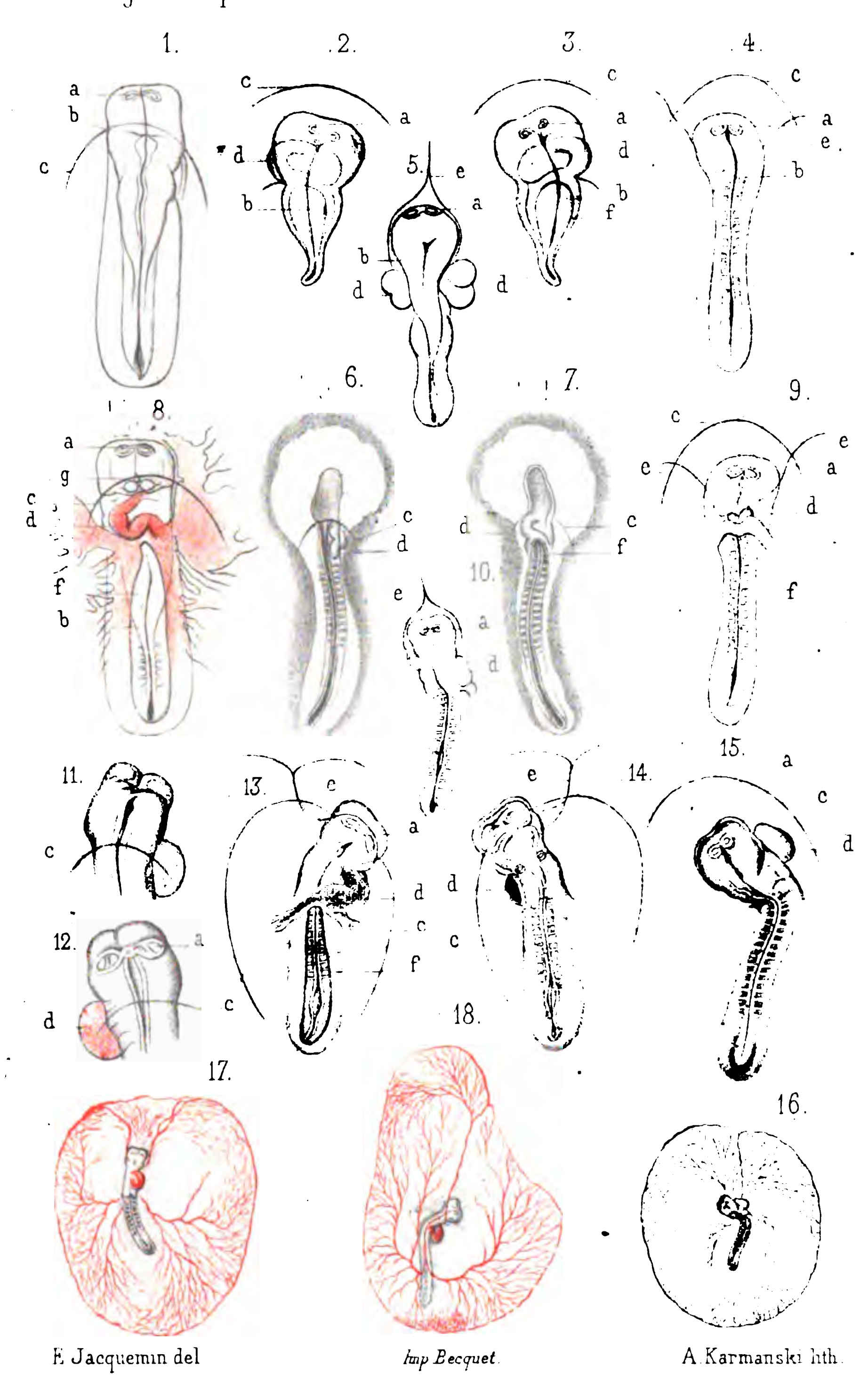
Fig. 11 et 12. Embryon cyclope; face supérieure (fig. 11); face inférieure (fig. 12).

Fig. 13 et 14. Embryon cyclope; face inférieure (fig. 13); face supérieure (fig. 14). Inflexion angulaire de la tête sur le tronc. Les deux lames antérieures du feuillet vasculaire sont écartées au-dessous de la tête avant de se réunir. Anse cardiaque sortant à la gauche de l'embryon (fait initial de l'inversion).

Fig. 15 et 16. Embryon cyclope; face supérieure. Inflexion angulaire de la tête sur le tronc.

Fig. 17. Embryon cyclope; face supérieure.

Fig. 18. Embryon cyclope; face supérieure. Déformation considérable de l'aire vasculaire.



E. Jacquemin del. Imp. Becquet. A. Karmanski lith.

TRIOCÉPHALIE _ CYCLOPIE

Librairie C. Reinwald, Paris.

PLANCHE X.

OMPHALOCÉPHALIE.

(3e partie, chap. V, § 1.)

Tous ces dessins sont grossis de quatre à cinq fois.

LETTRES COMMUNES.

am, amnios ; *c*, cœur ; *t*, tête ; *g*, gouttière abdominale ; *ff*, bords des lames antérieures du feuillet vasculaire.

Fig. 1 et 2. Embryon omphalocéphale; face supérieure (fig. 1); face inférieure (fig. 2). Cœur unique et battant sur du sang incolore. On voit en V une vésicule hydropique.

Fig. 3. Embryon omphalocéphale; face inférieure. Deux blastèmes cardiaques dans leur premier état. Absence des protovertèbres.

Fig. 4 et 5. Embryon omphalocéphale; face supérieure (fig. 4); face inférieure (fig. 5). Deux blastèmes cardiaques dans leur premier état.

Fig. 6 et 7. Embryon omphalocéphale; face supérieure (fig. 6); face inférieure (fig. 7). Deux blastèmes cardiaques dans leur premier état.

Fig. 10 et 11. Embryon omphalocéphale; face supérieure (fig. 10); face inférieure (fig. 11). Cœur unique, mais formé par la jonction de deux tubes cardiaques, contractile et battant sur du sang incolore.

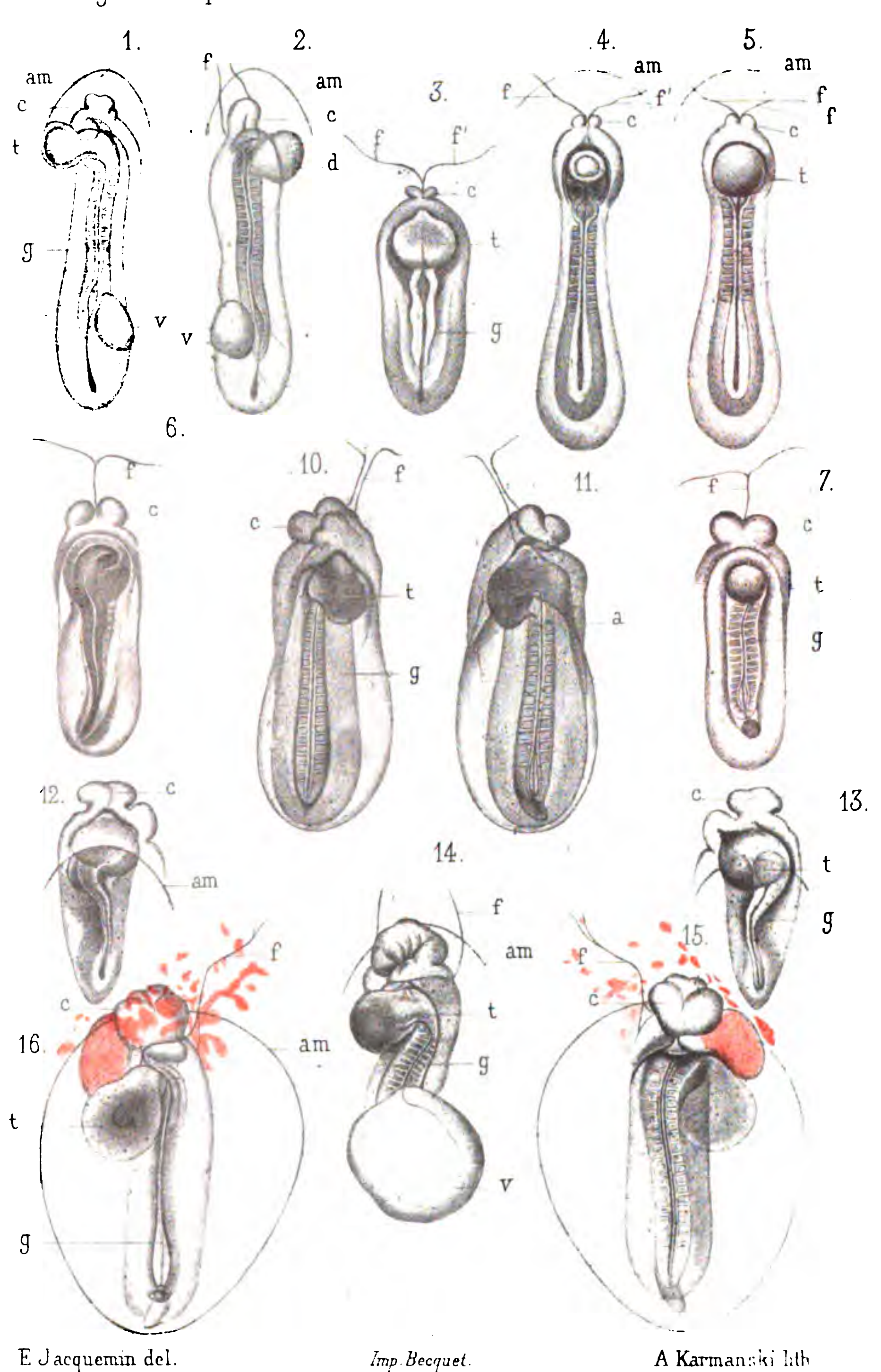
Fig. 12 et 13. Embryon omphalocéphale; face supérieure (fig. 12); face inférieure (fig. 13). Cœur unique, contractile, battant sur du sang incolore. Absence des proto-vertèbres.

Fig. 14. Embryon omphalocéphale vu par la face inférieure. Cœur unique, contractile, battant sur du sang incolore. Vésicule hydropique énorme à l'extrémité inférieure du corps.

Fig. 15 et 16. Embryon omphalocéphale; face supérieure (fig. 15); face inférieure (fig. 16). Cœur unique, contractile, battant sur du sang incolore, bien qu'il coexiste avec des lacunes pleines de sang rouge. Gouttière abdominale presque entièrement fermée.

N. B. — Je m'aperçois, en corrigeant les épreuves, que les numéros ont été mal indiqués, et que la légende de la première édition contenait deux numéros (8 et 9) qui ne correspondent à aucune figure. Ce fait, dont je dois prévenir le lecteur, n'a d'ailleurs aucune importance.





E Jacquemin del. *Imp. Becquet.* A Karmanski lith

OMPHALOCÉPHALIE

Librairie C. Reinwald, Paris.

PLANCHE XI.

ANENCÉPHALIE. — PROENCÉPHALIE. — SYMÉLIE.

(3e partie, chap. V, §§ 5, 7 et 10.)

a, amnios ; *c*, cœur ; *m*, membres postérieurs ; *t*, hernie de l'encéphale ; *v*, vésicules encéphaliques.

Fig. 1. Embryon enveloppé dans l'amnios, dont la partie postérieure est arrêtée dans son développement. Retournement des membres postérieurs au-dessus de l'extrémité caudale (commencement de la symélie). Grossi quatre fois.

Fig. 2. Embryon en partie seulement enveloppé dans l'amnios, qui présente au-dessus du tronc une large ouverture. Tête retournée et appliquée sur le jaune par le côté droit. Inversion des viscères. Retournement des membres postérieurs au-dessus de l'extrémité caudale (commencement de la symélie). Grossi quatre fois.

Fig. 3 et 4. Embryon vu par la face supérieure (3); par la face inférieure (4). Déformation des vésicules centrales et écartement des cordons de la moelle épinière (commencement de l'anencéphalie). Grossi six fois.

Fig. 5. Tête d'un embryon non encore retournée sur le jaune. Anse cardiaque sortie du côté gauche (point de départ de l'inversion). Grossie six fois.

Fig. 6. Embryon incomplètement enfermé dans l'amnios. Tête retournée sur le côté droit. Inversion du cœur. Déformation des vésicules encéphaliques et écartement des cordons de la moelle épinière (commencement de l'anencéphalie). Renversement des membres postérieurs au-dessus de l'extrémité caudale (commencement de la symélie). Grossi quatre fois.

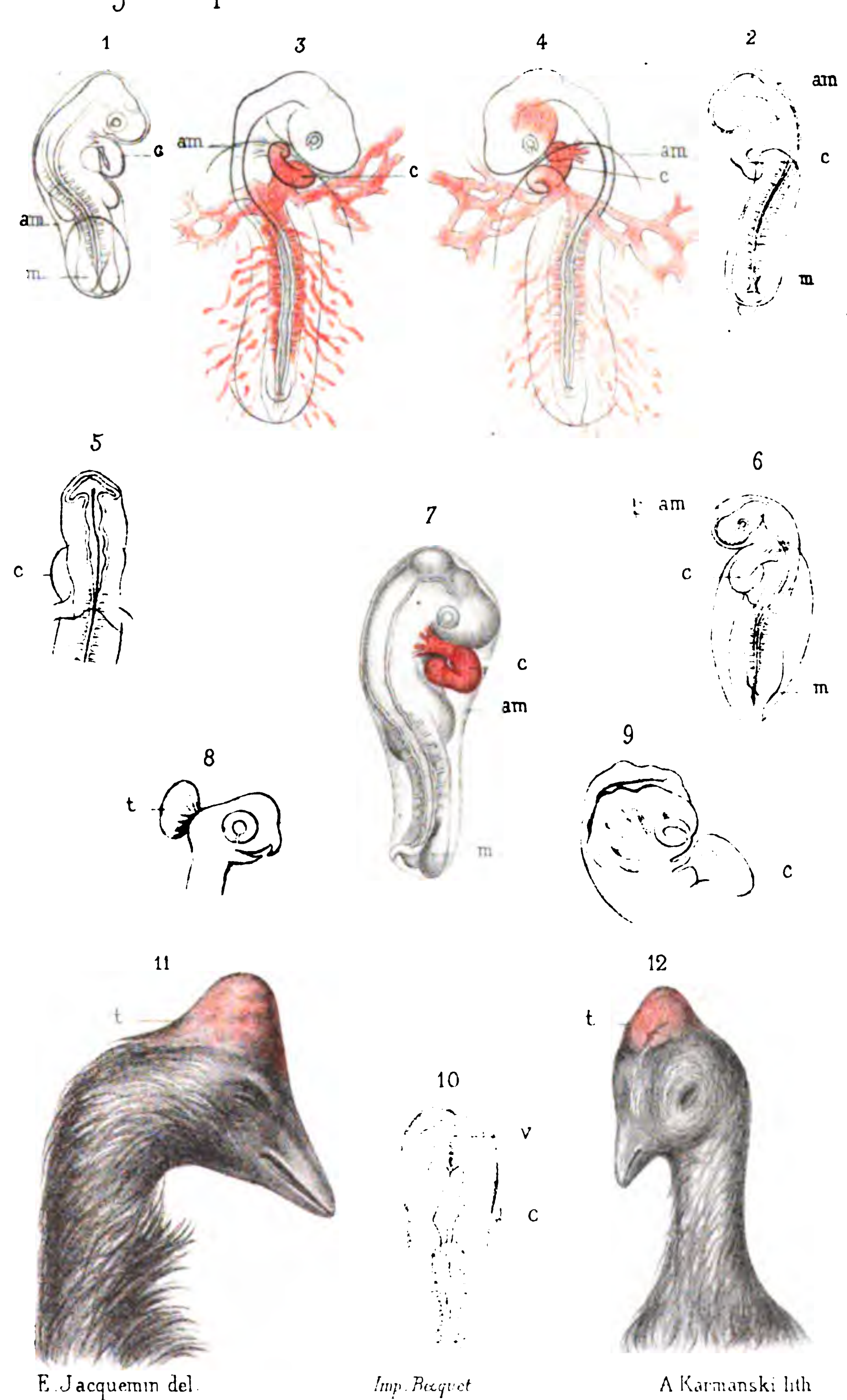
Fig. 7. Embryon complètement enfermé dans l'amnios. Permanence de l'état primitif des vésicules encéphaliques et écartement considérable des cordons de la moelle épinière dans toute son étendue (commencement de l'anencéphalie). Renversement en dedans du membre postérieur droit. Grossi cinq fois.

Fig. 8. Tête d'un embryon, présentant la notencéphalie, c'est-à-dire une tumeur occipitale formée par les lobes optiques. Grossie cinq fois.

Fig. 9. Tête d'un embryon déformé, présentant les vésicules encéphaliques très déformées par la compression de l'amnios, maintenues dans leur état primitif et présentant dans leurs parois quelques îles de sang dilatées. Déformation considérable des yeux. Grossie six fois.

Fig. 10. Tête d'un embryon présentant une déformation considérable des vésicules cérébrales. La partie de la vésicule cérébrale antérieure qui doit former l'œil droit est beaucoup plus volumineuse que celle qui doit former l'œil gauche. Grossie six fois.

Fig. 11 et 12. Têtes de poulets qui n'avaient pu éclore, et que j'ai rencontrés dans des œufs qui avaient été soumis à l'incubation naturelle. Existence de la proencéphalie, c'est-à-dire d'une tumeur frontale entièrement remplie par les hémisphères cérébraux et recouverte par la peau non encore recouverte de plumes. Ces embryons n'appartenaient point à une race de poules huppées. La proencéphalie y avait donc apparu d'une manière sporadique. (Voir p. 407.) Grandeur naturelle.



E. Jacquemin del. *Imp. Becquet* A Karmanski lith

ANENCÉPHALIE, PROENCÉPHALIE, SYMÉLIE.

Librairie C. Reinwald Paris

PLANCHE XII.

EXENCÉPHALIE. — CÉLOSOMIE.

(3e partie, chap. V, §§ 6, 7 et 8.)

Tous ces embryons sont à peu près de grandeur naturelle.

LETTRES COMMUNES.

am, amnios ; *al*, allantoïde ; *v*, vitellus ; *h*, encéphale faisant hernie ; *i*, œil ; *c*, cœur ; *f*, foie ; *g*, gésier ; *ms*, membres supérieurs ; *mi*, membres inférieurs.

Fig. 1. Embryon affecté d'exencéphalie, de célosomie et d'ectromélie uni-abdominale; enveloppé dans l'amnios. Ombilic amniotique largement ouvert au-dessus du dos. Adhérences du vitellus avec l'amnios dans la région céphalique, et avec les viscères herniés.

Fig. 2. Le même complètement sorti de l'amnios. Exencéphalie complète. Cœur, foie et gésier en dehors de l'ouverture ombilicale. Membre supérieur droit relevé le long de la tête. Membre inférieur gauche frappé d'arrêt de développement.

Fig. 3. Région inférieure du corps grossie pour montrer les anomalies des membres.

Fig. 4. Embryon affecté de nosencéphalie et de célosomie. Encéphale complètement hernié et présentant de vastes lacunes sanguines. Œil rudimentaire et remplacé par une tache de pigment. Bec supérieur plus court que le bec inférieur. Cœur, foie, gésier et plusieurs anses intestinales formant hernie, en dehors de l'ouverture ombilicale.

Fig. 5. Embryon nosencéphale enfermé et comprimé dans l'amnios. Encéphale comprimé et faisant hernie, présentant de larges lacunes sanguines. Absence de fermeture des parois abdominales. Il y aurait eu très probablement célosomie si la vie s'était prolongée. Grossi deux fois.

Fig. 6. Tête du même embryon grossie.

Fig. 7 et 8. Embryon affecté d'exencéphalie, de cébocéphalie et d'ectopie du cœur. Amnios enveloppant complètement l'embryon, mais présentant à la partie postérieure de la tête l'ombilic amniotique. Tête comprimée; elle ne s'est pas recourbée en avant ni retournée sur le vitellus. Yeux bien développés et séparés l'un de l'autre, occupant la région antérieure et non les régions latérales de la face. Tronc présentant une inflexion latérale très marquée. Gouttière abdominale non fermée. Cœur très développé faisant hernie à la gauche de l'embryon. Allantoïde assez développée. Grossi trois fois.

Fig. 9. Embryon présentant une atrophie complète de l'œil gauche.

Fig. 10. Embryon affecté d'une ectopie considérable du cœur. Paroi supérieure de la tête séparée de l'encéphale par un amas de sérosité (*e*). Grossi trois fois.

Fig. 11. Embryon célosome avec retournement de la tête qui est très déformée.

Fig. 12. Embryon nosencéphale et célosome. Arrêt de développement total de l'amnios qui forme seulement un pli saillant autour de l'embryon. Tête presque entièrement en dehors de l'amnios, et comprimée contre la membrane vitelline; elle ne s'est point recourbée en avant, et ne s'est pas retournée sur le vitellus. Encéphale aplati présentant une énorme lacune sanguine. Tronc présentant une



déviation latérale par suite de l'arrêt de développement de l'amnios. Viscères thoraco-abdominaux en dehors du corps. Un peu grossi.

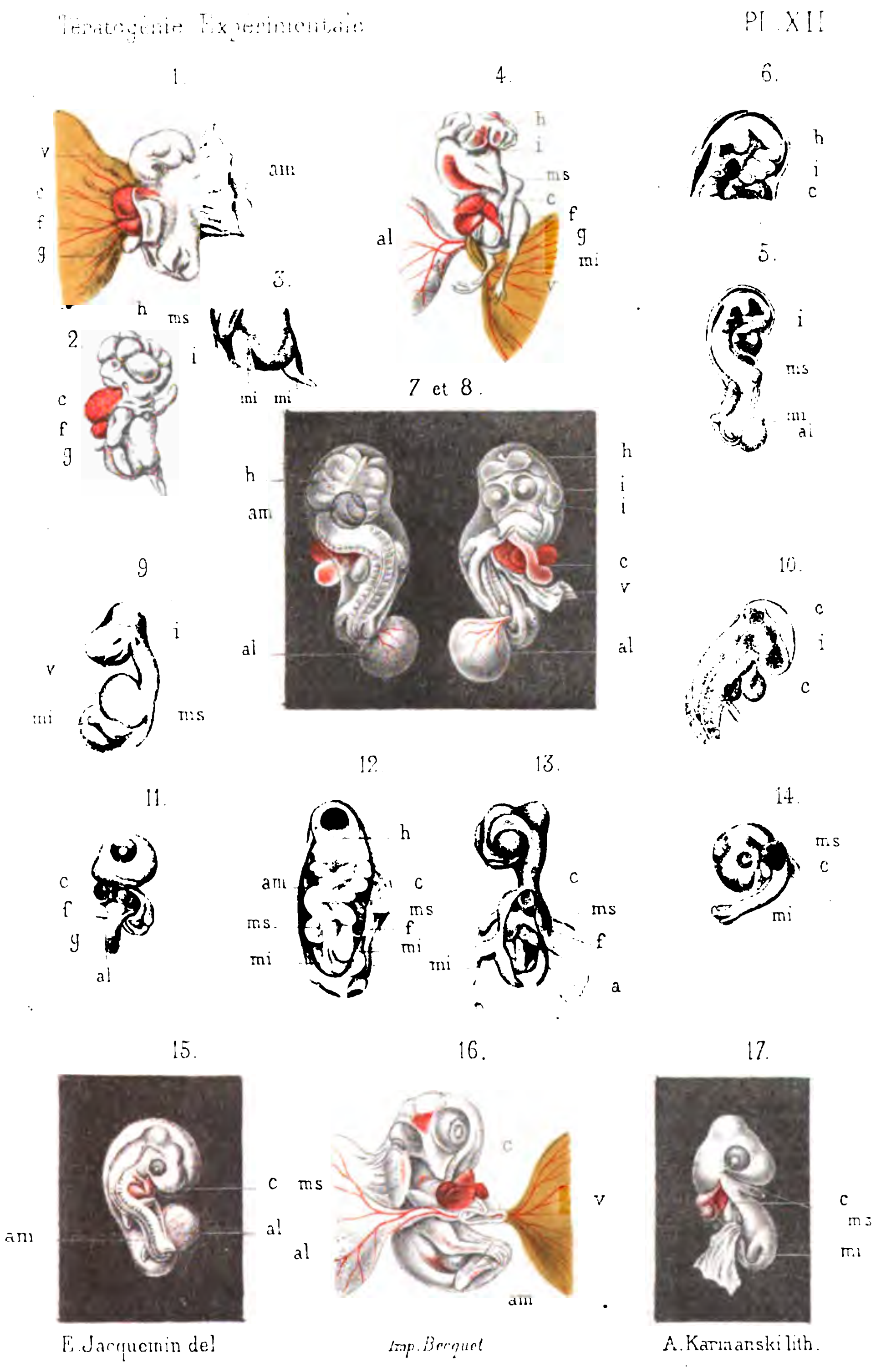
FIG. 13. Embryon célosome. Tous les viscères en dehors de la cavité abdominale dont les parois ne sont point fermées. Cet embryon était mort asphyxié lorsque j'ai ouvert l'œuf : d'où sa coloration tenant à une congestion générale.

FIG. 14. Embryon affecté d'ectopie du cœur avec dilatation énorme de l'oreillette.

FIG. 15. Embryon présentant une ectopie du cœur avec défaut de fermeture de la cavité abdominale. C'est très probablement un cas de célosomie commençante.

FIG. 16. Embryon célosome complètement enveloppé dans l'amnios. Cœur renversé et présentant sa pointe en haut. Allantoïde adhérente à l'amnios au niveau de l'œil droit. On aperçoit par transparence, au-dessous de l'adhérence de l'amnios et de l'allantoïde, le membre supérieur droit qui est retourné et dont l'extrémité se rapproche de l'œil. C'est le même qui est figuré pl. XIII, fig. 2.

FIG. 17. Embryon pleurosome. Tête renversée. Viscères sortant du corps par une ouverture latérale.



EXENCEPHALIE CÉLOSOMIE

Librairie C. Reinwald Paris

PLANCHE XIII.

EXENCÉPHALIE. — CÉLOSOMIE.

(3e partie, chap. V, §§ 6, 7 et 8.)

Toutes ces figures sont de grandeur naturelle.

LETTRES COMMUNES.

***am*, amnios ; *al*, allantoïde ; *v*, vitellus.**

Fig. 1. Embryon sorti de l'amnios et affecté de célosomie. Partie inférieure du cœur, foie, gésier et une partie de l'intestin en dehors des parois abdominales.

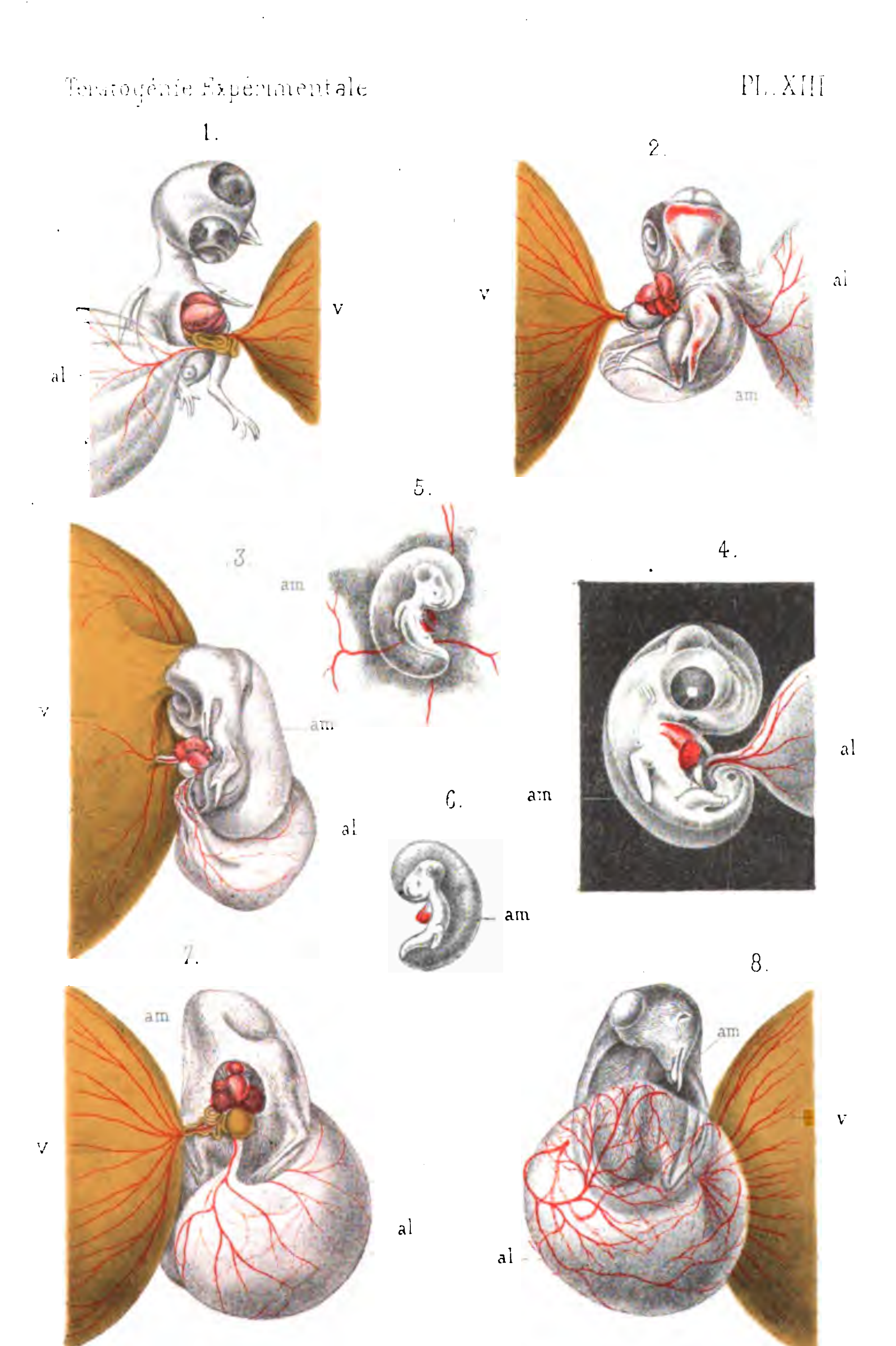
Fig. 2. Embryon enfermé dans l'amnios et affecté de célosomie. Cœur, foie, gésier et une partie de l'intestin en dehors de l'abdomen. Adhérences de l'allantoïde et de l'amnios. Il est représenté pl. XII, fig. 16, où il est vu par la face ventrale. Ici il est vu par la face dorsale.

Fig. 3. Embryon enfermé dans l'amnios et affecté de célosomie. Cœur, foie, gésier en dehors de l'abdomen. Adhérences du jaune et de l'allantoïde avec l'amnios.

Fig. 4. Embryon enfermé dans l'amnios et affecté de célosomie incomplète ; l'extrémité seule du foie est à nu.

Fig. 5 et 6. Embryon enfermé dans un amnios distendu par le liquide amniotique. Ectopie du cœur. Ectromélie bis-abdominale. Yeux rudimentaires.

Fig. 7 et 8. Embryon enfermé dans l'amnios. Célosomie complète ; cœur, foie, gésier, intestin grêle en dehors de l'abdomen. Tête renversée en arrière. Proencéphalie. État rudimentaire de l'œil gauche. Bec supérieur plus court que la mandibule.



E. Jacquemin del. *Imp. Becquet.* A Karmanski lith.

EXENCÉPHALIE _ CÉLOSOMIE

Librairie C. Reinwald Paris.

PLANCHE XIV.

GÉMELLITÉ.

(3e partie. chap. VII, § 3.)

LETTRES COMMUNES.

a, aire transparente ; *c*, cœur.

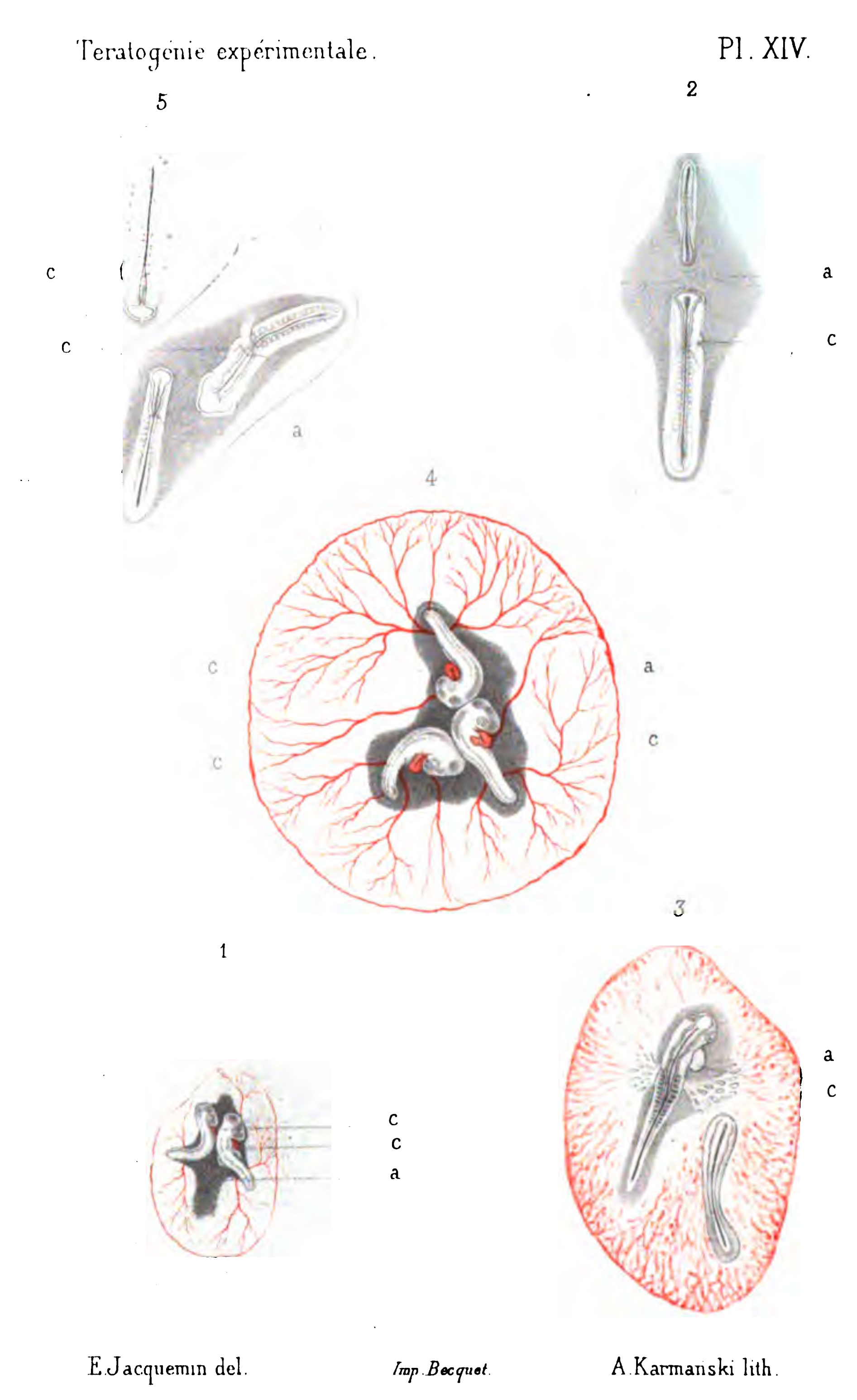
Fig. 1. Deux embryons jumeaux bien conformés sur un blastoderme unique et placés l'un et l'autre dans une situation telle qu'ils n'auraient pu se souder autrement que par leurs annexes. Grandeur naturelle.

Fig. 2. Deux embryons jumeaux développés sur un blastoderme provenant de la fusion de deux cicatricules. On voit dans l'aire transparente la ligne d'union. L'un des embryons est bien conformé; on voit l'anse cardiaque sortir à droite. L'autre embryon est arrêté dans son développement. La tête est très petite, et le cœur fait défaut. C'était probablement un paracéphale. Grossis trois fois.

Fig. 3. Deux embryons jumeaux, développés sur un blastoderme unique. L'un des jumeaux est bien conformé et présente une anse cardiaque battant sur du sang incolore. L'autre jumeau est incomplet; tête rudimentaire et absence du cœur. C'était également, selon toute apparence, un paracéphale. Grossis trois fois. Voir page 460.

Fig. 4. Trois jumeaux bien conformés, développés sur un blastoderme unique, et provenant, par conséquent, d'une cicatricule unique. Ils sont déjà retournés et présentent, à leur extrémité postérieure, un pli caudal, commencement d'un capuchon caudal. Ces plis se seraient soudés pour former un amnios. Grossis presque deux fois.

Fig. 5. Trois embryons développés sur deux blastodermes différents, et qui laissaient encore voir la ligne de jonction. Sur l'un des blastodermes on voit deux embryons inégalement développés : l'un est complet et présente une anse cardiaque à droite; l'autre, plus petit, ne présente pas de cœur. L'embryon développé seul sur l'autre blastoderme est développé d'une manière normale et présente une anse cardiaque sortie à droite. Grossis trois fois. Voir page 456.



E. Jacquemin del. Imp. Becquet. A. Karmanski lith.

GÉMELLITÉ.

Librairie C. Reinwald Paris

PLANCHE XV.

MONSTRUOSITÉ DOUBLE.

(3e partie, chap. IX.)

LETTRES COMMUNES.

a, amnios ; *b*, bords antérieurs du feuillet vasculaire ; *c*, cœur ; *t*, tête ; *ms*, membres supérieurs.

Fig. 1. Céphalopage. Deux embryons joints ensemble par le vertex. Les yeux ne sont qu'incomplètement développés et ne présentent pas de pigment. Les anses cardiaques sont sorties à la droite des deux embryons. Amnios très incomplètement formé, et présentant une très large ouverture. Grossi deux fois

Fig. 2. Monstre sycéphalien, vu par la face inférieure. Tête unique affectée d'omphalocéphalie. On voit les deux cœurs des deux côtés de la tête. Grandeur naturelle.

Fig. 3. Monstre double uni latéralement par les régions cervicales et les têtes. Je suppose que c'était un hémipage en voie de formation. Existence d'un pli céphalique unique au-dessus de la tête, de deux plis caudaux aux deux extrémités du corps. Grossi deux fois.

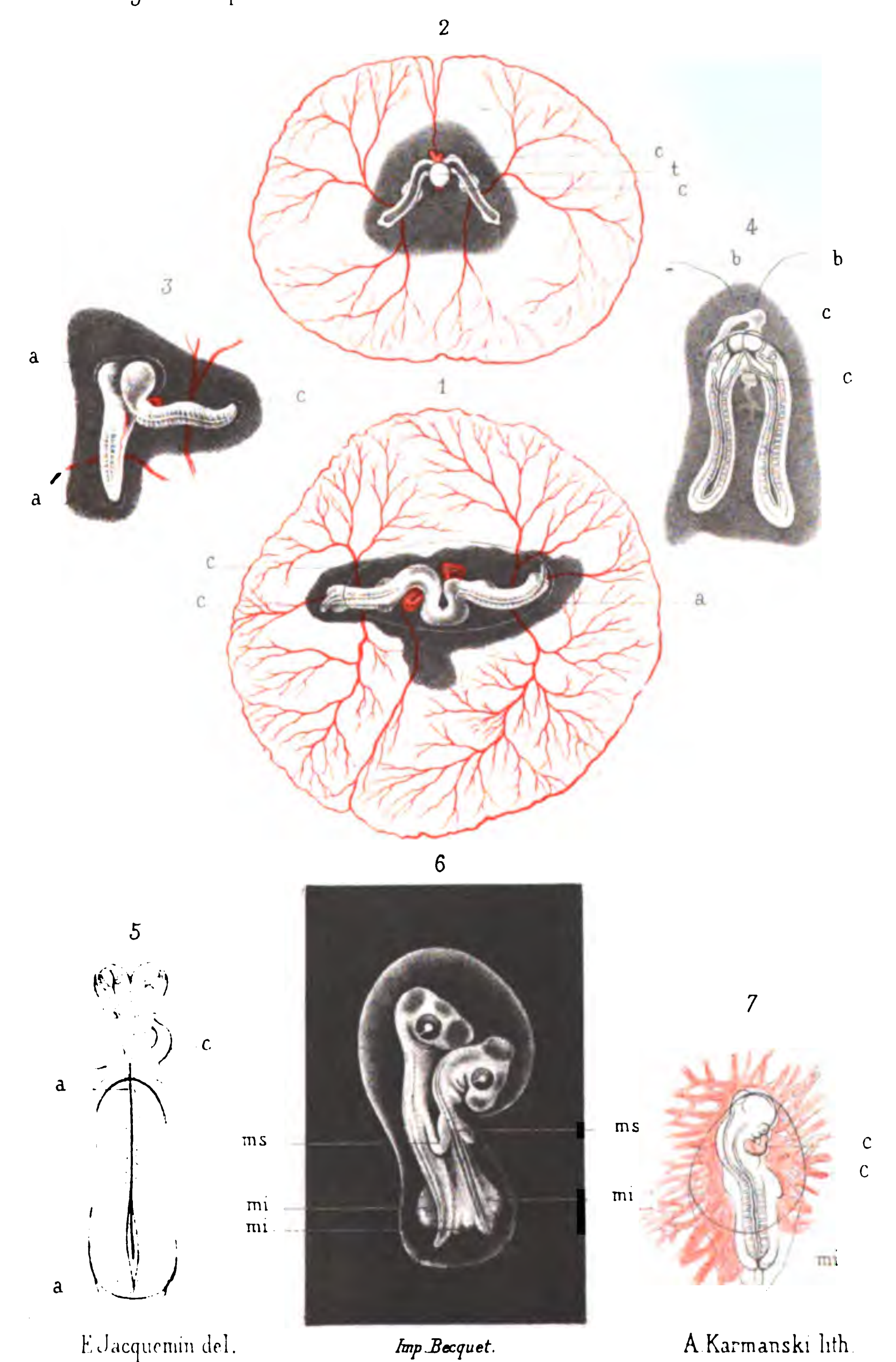
Fig. 4. Monstre double. Union par les têtes. Corps parallèles. Existence de deux anses cardiaques très inégales. Celle qui est en dehors des têtes beaucoup plus développée que celle qui est en dedans, et qui se perd dans les lacunes de l'aire transparente. Très probablement un déradelphe. Ces deux cœurs battaient sur du sang complètement incolore. Grossi trois fois.

Fig. 5. Monstre double monosomien. Corps unique; terminé par deux têtes soudées dans la région inférieure. Iniodyme. Grossi quatre fois.

Fig. 6. Monstre double par union latérale. Les têtes à régions cervicales séparées. Corps unis latéralement. Trois membres supérieurs et trois membres inférieurs. Ceux de ces membres qui occupent la ligne médiane appartiennent par moitié à chacun des sujets composants. Très probablement un thoracodyme. Grossi quatre fois.

Fig. 7. Embryon simple monstrueux. Arrêt de développement de l'amnios qui présente un ombilic énorme. Tête comprimée, arrêtée dans son développement et présentant un commencement de dépression des vésicules encéphaliques (fait primordial de l'exencéphalie). Retournement des membres postérieurs au-dessus de l'extrémité caudale (fait primordial de la symélie). Enormes lacunes sanguines dans l'aire vasculaire, des deux côtés de l'embryon. Grossi trois fois.





E. Jacquemin del. *Imp. Becquet.* A. Karmanski lith.

MONSTRUOSITÉ DOUBLE.

Librairie C. Reinwald Paris.

PLANCHE XVI.

MONSTRUOSITÉ DOUBLE.

(3e partie, chap. IX.)

a, œil ; *al*, allantoïde ; *c*, cœur ; *vp*, protovertèbres ; *vi*, vitellus ; *am*, amnios ; *t*, tête ; *p*, sujet parasite.

Fig. 1 et 2. Monstre double ; union des têtes par les vésicules cérébrales antérieures. Une seule face présentant deux yeux rudimentaires, et réduits à des taches de pigments. Deux allantoïdes. Déradelphe. Grossi trois fois.

Fig. 3 et 4. Monstre double. Union des têtes par les vésicules cérébrales antérieures. Deux faces, appartenant par moitié à chacun des sujets composants. Une face complète, mais avec deux yeux rudimentaires et une bouche. Une face incomplète avec un œil unique. Une seule allantoïde. Un cœur double visible à l'extérieur du côté de la face complète. Iniope. Grossi trois fois.

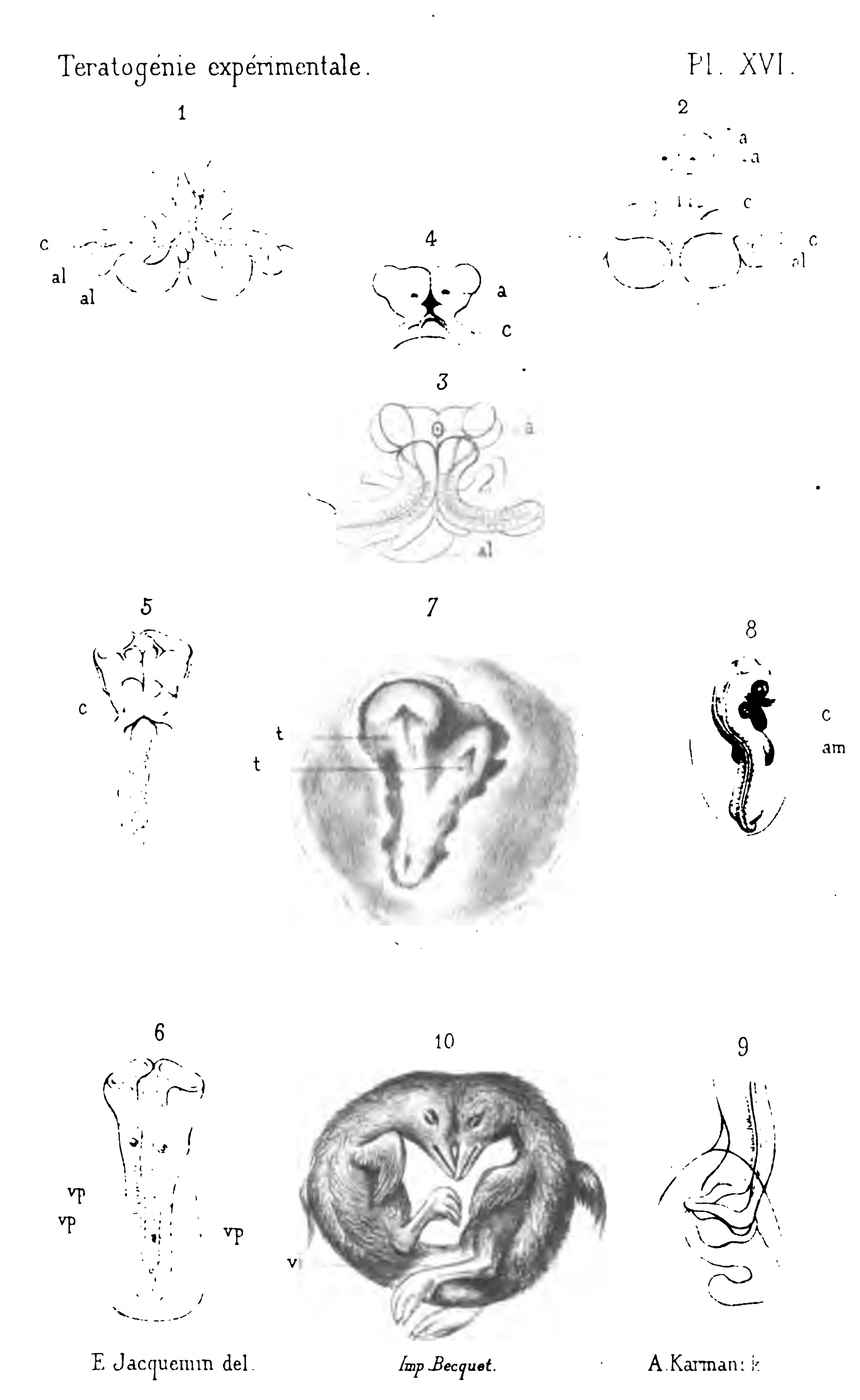
Fig. 5 et 6. Monstre à corps unique et à deux têtes soudées. Deux gouttières médullaires, avec trois rangs de protovertèbres. Cœur simple, mais présentant des traces bien évidentes de dualité. Grossi six fois. Voir p. 506.

Fig. 7. Blastoderme présentant les débris d'un monstre double parasitaire. Il y avait deux têtes : une complète et une autre beaucoup plus petite, très probablement un hétérodyme. La désorganisation ne m'a pas permis de l'étudier d'une manière plus complète ; mais l'extrême rareté de ce type de monstruosité double m'engage à le publier, en attendant des exemples vivants. Grossi six fois. Voir page 526.

Fig. 8. Embryon simple, normal, mais développé entièrement en dehors de l'amnios, qui forme seulement autour de lui un pli elliptique. Grossi quatre fois.

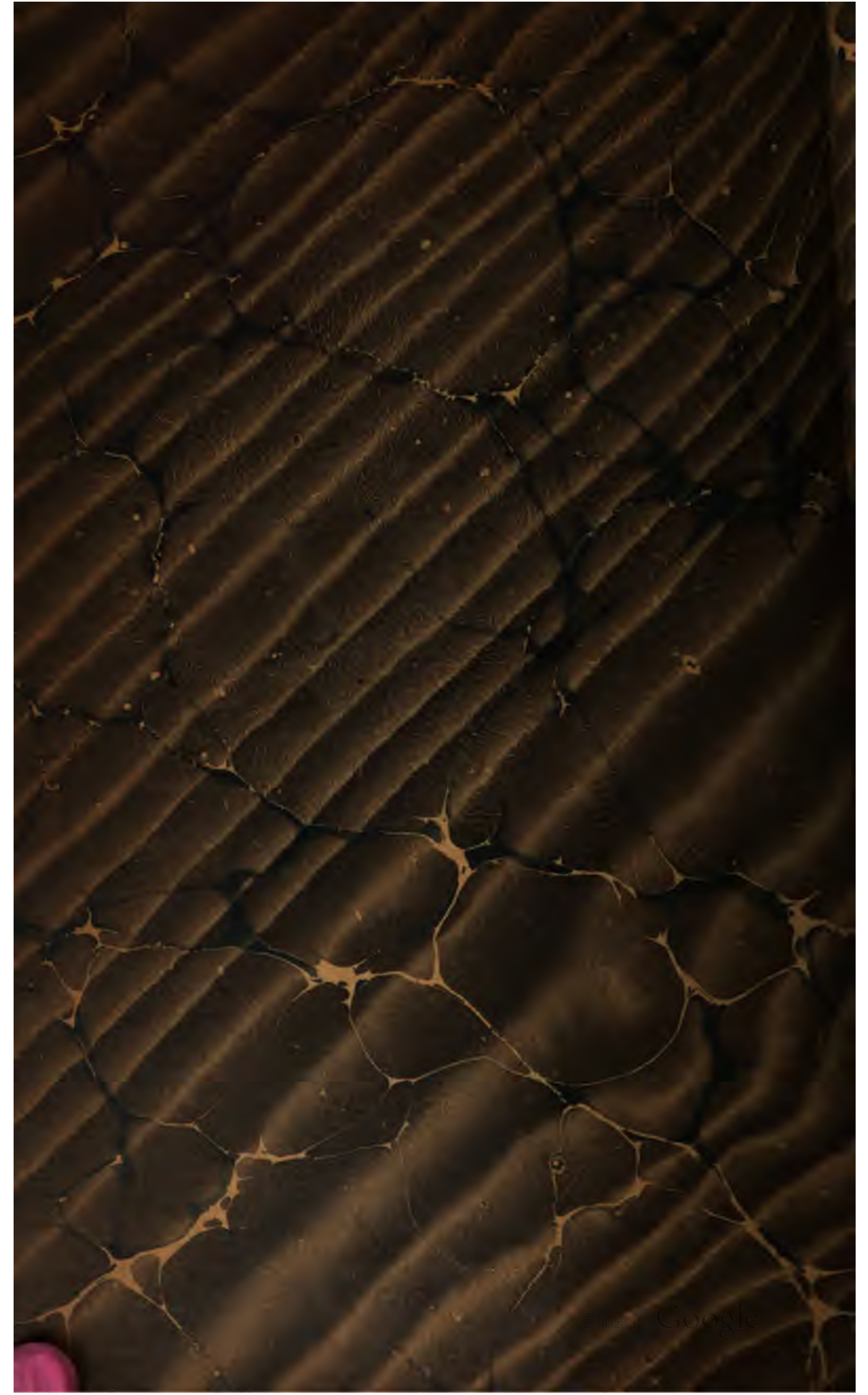
Fig. 9. Monstre double parasitaire. Extrémité postérieure d'un embryon bien conformé, portant un embryon parasite, complètement rudimentaire. Cette extrémité et le parasite qui lui est attaché ne sont pas recouverts par le pli de l'amnios. Grossi deux fois. Voir page 526.

Fig. 10. Métopage appartenant à l'espèce du canard. Cette pièce m'a été adressée par M. Lavocat ; je l'ai donnée au musée de Lille. On voit, en *vi*, une bande vitellaire, reste du jaune commun aux deux individus. Voir page 453.



MONSTRUOSITÉ DOUBLE.

Librairie C Reinwald. Paris.




CANCELLED
3667380
DEC 6 1973
OCT 26 1928
MAY -4 1929

